



**LightBox**  
LE KIT PÉDAGOGIQUE DE PHOTONIQUE

**amU**  
Aix Marseille Université

## Escape Game pour une classe de seconde à partir du kit pédagogique LightBox

LELOUP LANA & PIERRE PHOEBE

Encadré par V. BELLE | Service de Physique Expérimentale | Juin 2025



Pour notre stage de fin d'année de L1 MPC1, nous avons eu l'opportunité de disposer de deux kits pédagogiques LightBox<sup>1</sup>. Dans un premier temps, l'objectif était de découvrir et de s'appropriier le contenu des boîtes. Ensuite, notre mission a été de créer des ateliers de médiation scientifique accessible à un public d'élèves de seconde pouvant

---

<sup>1</sup> <https://www.sfoptique.org/pages/sfo/lightbox.html> (lien pour accéder aux ressources liées à la LightBox, contributeurs et guide)

fonctionner pour une douzaine d'élèves. Nous avons choisi le format **Escape Game**, une activité ludique et amenant à la réflexion. En reprenant un maximum de composants optiques contenus dans la LightBox, couvrant donc un maximum de notions en optique, les élèves peuvent mettre en pratique leurs acquis de seconde, mais également aller un peu plus loin pour préparer l'entrée en classe de première et/ou leur créer une culture scientifique.

## Le scénario

**Larry**, un farfadet malicieux, a volé un tableau dans un musée. Le but est alors pour les élèves de retrouver le tableau à travers de nombreux indices avec des épreuves qui ont été orchestrés par Larry qui se trouve être un redoutable physicien féru d'optique.

### Larry le farfadet malicieux a commis un larcin...



**● Votre mission si vous l'acceptez ●**

Partir à la recherche du tableau volé par Larry (attention il est très malicieux et c'est un physicien féru d'optique !).

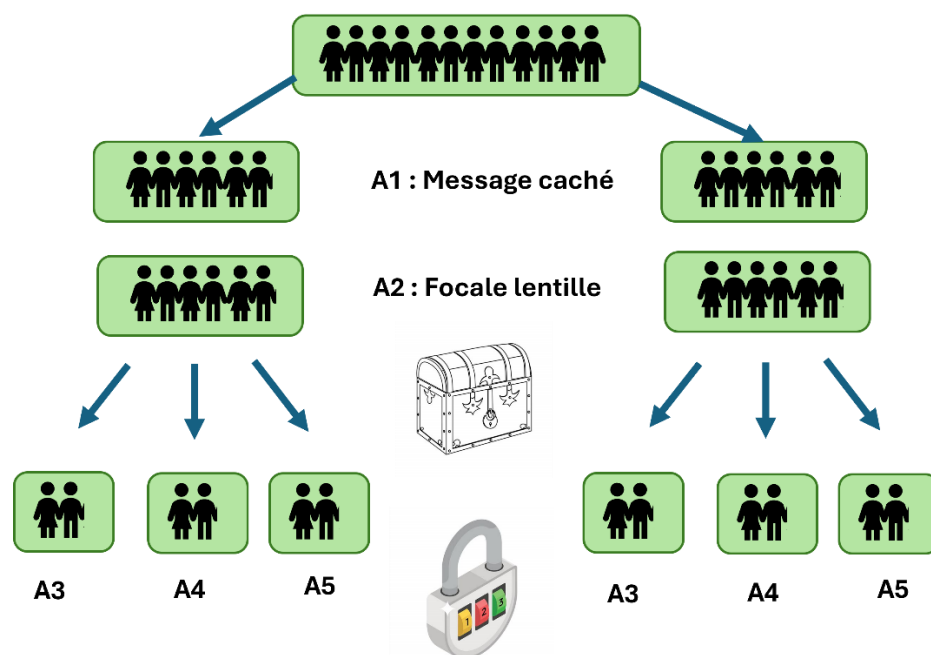
Il vous faudra user de toute votre ruse pour déchiffrer les indices qu'il a disséminés tout le long de son chemin. D'ailleurs lorsqu'il était au musée il a eu le temps de commettre un autre méfait...

Le format Escape Game (semblable à une chasse au trésor) est un format assez ludique permettant la transmission de savoirs dans l'amusement et la bonne humeur. Dans notre cas, il est prévu pour un groupe de **12 élèves**, mais tout est modulable en fonction du matériel disponible.

**Cinq ateliers** ont été conçus à partir du matériel présent dans la Lightbox ainsi que de matériel de récupération.

**Quatre tables** sont préparées (en double) avec chacune un nom de physiciens ou physiciennes connus dans le domaine de l'optique. Nous avons choisi : Maria Geopart-Mayer, Honh Hua, Augustin Fresnel et Thomas Young. Sur chaque table était posée une petite notice bibliographique du scientifique en question.

Voici une présentation synthétique des ateliers A1, A2, A3, A4 et A5 qui seront décrits plus en détail à la suite. Enfin vous trouverez des fiches méthodologiques de chaque atelier ainsi qu'une Annexe contenant des informations et ressources relatives aux ateliers.



## Description des ateliers

### **A1 : Message caché dans un tableau de Carnovsky**

*½ groupe = 6 élèves*

Décryptage d'un message codé caché dans un tableau à l'aide des filtres de couleurs RVB présents dans la boîte : le message renvoie vers la table où se trouve l'atelier suivant (« **Rendez-vous à la table Young** »).

### **A2 : Détermination de la distance focale d'une lentille**

*½ groupe = 6 élèves*

Nous avons choisi de dessiner l'objet au marqueur directement sur la lampe pour plus de praticité. La distance objet-lentille est fixe et les élèves doivent rechercher la position de l'image en bougeant l'écran. En appliquant la relation de conjugaison, ils doivent trouver la distance focale de la lentille.

Dans la salle, on aura pris le soin de coller des post-it avec différentes valeurs de distance focale, sur des armoires par exemple, et de placer le coffre dans l'armoire où se trouve le panneau avec la bonne distance focale. Les élèves découvrent un coffre fermé avec un cadenas à 3 chiffres : ils doivent donc se séparer en trois groupes différents et se répartir sur les 3 ateliers restants.

### **A3 : Indice de réfraction**

*par binôme*

A l'aide d'un laser, d'un demi-disque de plastique (matériel labo) et d'un rapporteur, les élèves doivent mesurer l'angle incident et l'angle réfracté afin de déterminer l'indice optique du demi-disque de plexiglas en utilisant la relation de Snell-Descartes (vue en classe de 2<sup>nde</sup>).

**Le chiffre des dixièmes est le 1<sup>er</sup> chiffre du cadenas.**

#### **A4 : Morse avec Arduino**

*par binôme*

En utilisant la carte Arduino ainsi que la led RVB, les élèves découvrent une carte sur la table qui donne des valeurs RVB (voir Annexe). Ils doivent rentrer le code en début de programme et le lancer. La couleur donne un indice du chiffre à trouver (par exemple rose = 8 ou 9). Cette couleur émet un signal codé en morse dont l'alphabet est donné. La séparation des lettres est fait en émettant un court flash rouge.

**Le chiffre codé en morse est le 2<sup>ème</sup> chiffre du cadenas**

#### **A5 : Réflexion et patience**

*par binôme*

On a construit un labyrinthe dans lequel est caché un chiffre. Les élèves utilisent un laser à l'entrée du labyrinthe et doivent disposer judicieusement et avec patience des petits miroirs carrés collés sur au bout de touillettes et bien les orienter pour faire sortir la lumière du labyrinthe. Nous disposons d'une machine à fumée (non fourni et manipulée par un encadrant) nous permettant de révéler la trajectoire de la lumière et donc le chiffre caché.

**Le chiffre qui apparait est le 3<sup>ème</sup> chiffre du cadenas**

En réunissant les trois chiffres les élèves peuvent alors ouvrir le coffre dans lequel se trouvait des cartes postales représentant le fameux tableau volé !



## Atelier 1 : Retrouver le message caché dans un tableau de Carnovsky

### Objectif

Les élèves ont pour but de trouver un message caché dans un tableau de Carnovsky, message qui les guidera vers le prochain atelier (dans notre cas « Rendez-Vous à la table Young »)

### Mise en place

Il faut récupérer un tableau de Carnovsky sur internet et le modifier en utilisant un logiciel comme Paint par exemple pour y glisser le message. Dans notre cas, nous avons remarqué que le cyan est la couleur qui ressort le mieux quand on met un filtre rouge dessus, donc c'est ce qu'on l'on a choisi de faire

### Matériel nécessaire

- Ordinateur ou tableau imprimé
- Filtres de couleurs RVB

### Notions en jeu

Synthèse additive et synthèse soustractive (première)

### Illustrations



## Atelier 2

## Déterminer la distance focale d'une lentille

### Objectif

Les élèves doivent déterminer la distance focale d'une lentille à l'aide de la relation de conjugaison.

### Mise en place

On place à un point fixe une source lumineuse ainsi qu'un objet (éventuellement directement dessiné en sortie de source), et une lentille. On met à disposition un écran ainsi qu'un réglet ou règle graduée

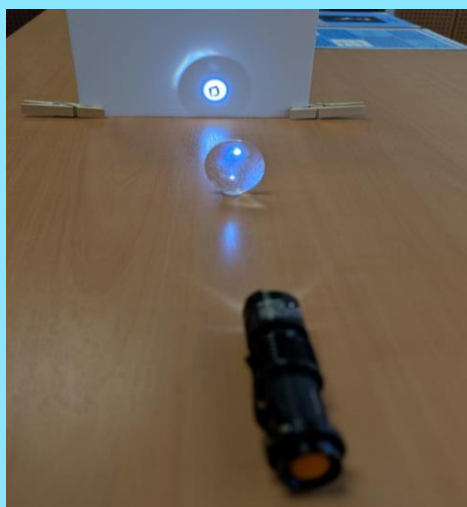
### Matériel nécessaire

- Source lumineuse
- Objet (celui-ci peut être dessiné au feutre en sortie de lampe)
- Écran
- Pincés à linge ou Patafix
- Lentille mince convergente de focale au choix.

### Notions en jeu

Relation de conjugaison, distances algébriques (première), lentille convergente, foyers, distances focales, fonction inverse (seconde)

### Illustrations



### Atelier 3 : Déterminer l'indice optique d'un demi-cylindre en plexiglas

#### Objectif

Les élèves doivent déterminer l'indice optique d'un demi-cylindre en plexiglas à l'aide de la loi de réfraction de Snell-Descartes. 3 angles d'incidence sont donnés ( $20^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $60^\circ$ ), il doivent mesurer l'angle de réfraction et calculer  $n$ . La moyenne des 3 valeurs obtenues permet d'obtenir une meilleure précision.

#### Mise en place

On dispose un demi-disque de plastique sur un rapporteur et on laisse les élèves mesurer l'angle incident et l'angle réfracté. On précise bien qu'ils doivent viser au centre du demi-cylindre et que l'indice de réfraction de l'air vaut 1.

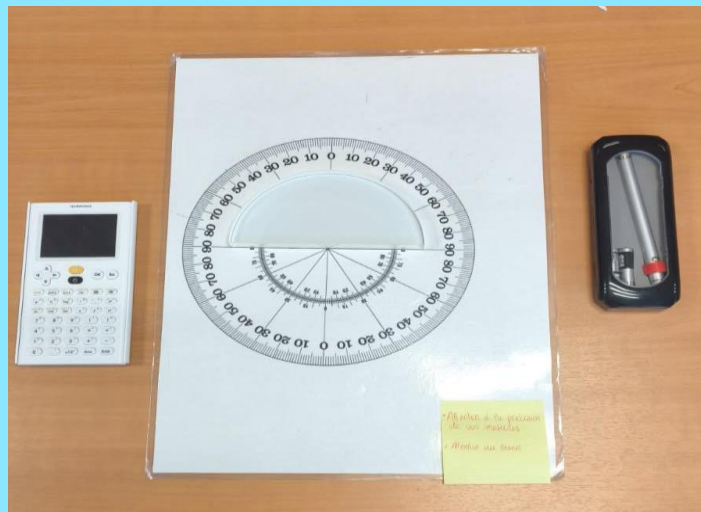
#### Matériel nécessaire

- Demi disque en plastique
- rapporteur
- laser
- Calculatrice

#### Notions en jeu

Loi de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction. Indice optique d'un milieu matériel transparent.

#### Illustrations



## Atelier 4

## Message codé en morse

### Objectif

Les élèves doivent décoder un message en morse à l'aide d'un programme Arduino. Les élèves découvrent une carte sur la table avec les valeurs R V B à rentrer. En lançant le programme ils observent une couleur qui émet des signaux en morse (le changement de lettre est indiqué par un court flash rouge). A partir de l'alphabet morse, ils trouvent le chiffre codé

### Mise en place

Il faut effectuer le branchement et coder le chiffre désirer en morse. On pourrait laisser le soin aux élèves de brancher les fils. Le programme est donné en Ann

### Matériel nécessaire

- LED RVB, petit cube fait en papier calque pour une meilleure diffusion de la couleur
- Câbles, microcontrôleur, ordinateur avec logiciel Arduino
- Une carte avec les valeurs RVB

### Notions en jeu

- Synthèse additive
- Programmation

### Illustration



## Atelier 5

## Le labyrinthe

### Objectif

Les élèves doivent orienter les miroirs de façon à faire sortir le rayon laser du labyrinthe. L'entrée et la sortie sont indiquées.

### Mise en place

Placer le faisceau laser à l'entrée du labyrinthe et les sticks de miroirs juste à côté. Brancher la machine à fumée.

### Matériel nécessaire

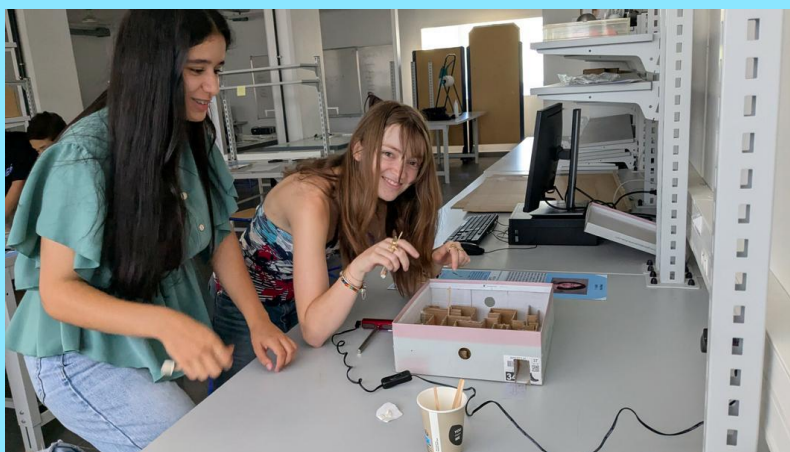
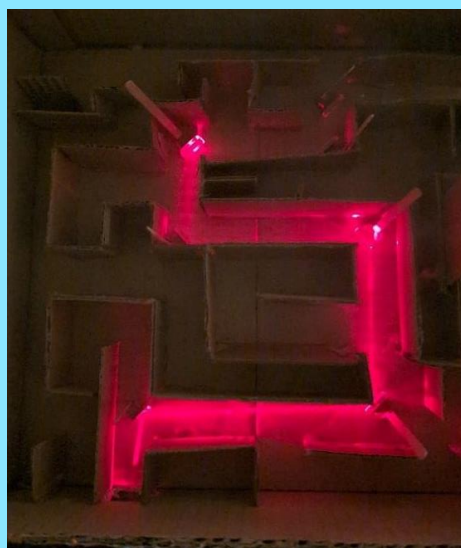
- Labyrinthe
- Faisceau laser
- Patafix
- Machine à fumée (brumisateur, ...)
- Sticks de miroirs

### Notions en jeu

Réflexion et trajet de la lumière.

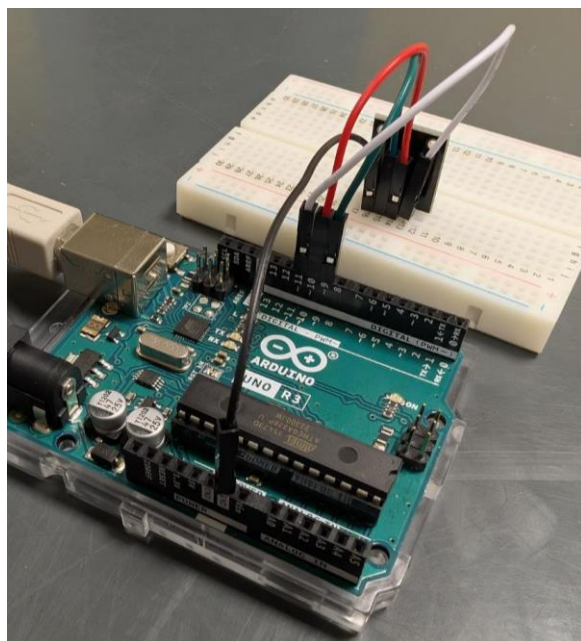
### Illustration

Dans le labyrinthe que nous avons construit, le chiffre caché est un « 5 »



## Annexes

### Atelier 4 : Branchements



La masse est en noir reliée au GND, le vert est relié au port 9, le rouge au 10 et le bleu au 11.

Code utilisé pour coder le chiffre « 9 » en morse

#### Page 1

```
arduino_atelier_final
#define R 10
#define V 9
#define B 11

// Valeurs de la couleur principale
int couleurR = 100;
int couleurV = 100;
int couleurB = 100;

void setup() {
  pinMode(R, OUTPUT);
  pinMode(V, OUTPUT);
  pinMode(B, OUTPUT);
}

void loop() {
  // Allumer la LED avec la couleur choisie
  analogWrite(R, couleurR);
  analogWrite(V, couleurV);
  analogWrite(B, couleurB);
  delay(3000);

  // Éteindre (transition Morse)
  analogWrite(R, 0);
  analogWrite(V, 0);
  analogWrite(B, 0);
  delay(1000);
```

#### Page 2

```
analogWrite(R, couleurR);
analogWrite(V, couleurV);
analogWrite(B, couleurB);
delay(1000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, 255);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, couleurR);
analogWrite(V, couleurV);
analogWrite(B, couleurB);
delay(1000);
```

## Page 3

```
analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, 255);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, couleurR);
analogWrite(V, couleurV);
analogWrite(B, couleurB);
delay(1000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);
```

## Page 5

```
analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, couleurR);
analogWrite(V, couleurV);
analogWrite(B, couleurB);
delay(1000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, couleurR);
analogWrite(V, couleurV);
analogWrite(B, couleurB);
delay(1000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);
```

## Page 4

```
analogWrite(R, couleurR);
analogWrite(V, couleurV);
analogWrite(B, couleurB);
delay(1000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, couleurR);
analogWrite(V, couleurV);
analogWrite(B, couleurB);
delay(3000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, 255);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);
```

## Page 6

```
analogWrite(R, couleurR);
analogWrite(V, couleurV);
analogWrite(B, couleurB);
delay(3000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, couleurR);
analogWrite(V, couleurV);
analogWrite(B, couleurB);
delay(1000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, 255);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(1000);

analogWrite(R, 0);
analogWrite(V, 0);
analogWrite(B, 0);
delay(5000);
}
```

## Fiches explicatives

Ces fiches sont posées sur les tables

# SYNTHÈSE ADDITIVE ET SYNTHÈSE SOUSTRACTIVE

## OBJECTIF

Un message a été caché dans ce tableau de Carnovsky, à vous de le retrouver pour savoir où se trouve le prochain indice...



## SYNTHÈSE ADDITIVE

En synthèse additive, il existe trois couleurs primaires : le rouge, le bleu et le vert. Le mélange de deux de ces couleurs donne une troisième couleur qu'on appelle couleur secondaire (le cyan, le magenta et le jaune). Le mélange de lumière des trois couleurs primaires donne une lumière blanche et l'absence de lumière donne du noir. La synthèse additive est notamment utilisée pour les écrans de téléphone, d'ordinateur...

## SYNTHÈSE SOUSTRACTIVE

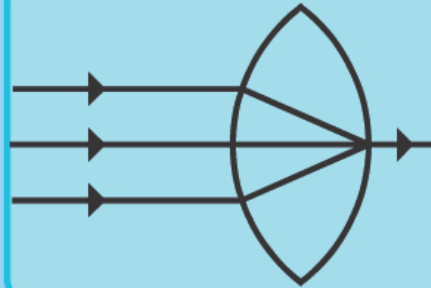
Dans la synthèse soustractive, les trois couleurs primaires sont le cyan, le magenta et le jaune. À partir de ces trois pigments, il est possible de créer toutes les couleurs. Les couleurs secondaires correspondent alors au mélange de 2 des 3 couleurs primaires et donne alors du rouge, du bleu et du vert. L'absence de pigments donne du blanc et le mélange des 3 couleurs primaires donne du noir. On utilise notamment la synthèse soustractive en peinture.



# RELATION DE CONJUGAISON

## OBJECTIF

Une lentille convergente est à votre disposition. Le but va être de déterminer sa distance focale à l'aide d'une source lumineuse, d'un objet et d'un écran. La valeur de la distance focale vous indiquera l'emplacement du coffre.



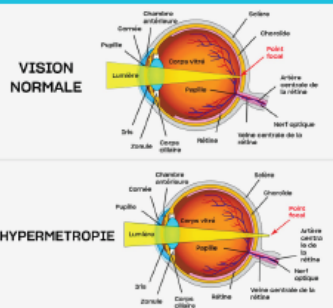
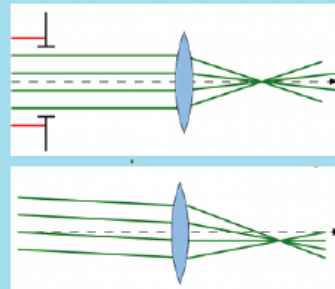
## RELATION DE CONJUGAISON

Il est possible de relier la position d'un objet A à celle de son image A' et à la distance focale de la lentille OF'. Il est important de noter que les distances sont algébriques (une distance peut donc être négative ou positive). Il faut donc veiller au sens des trajectoires !

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$$

## CONDITIONS DE GAUSS

En optique géométrique, on dit que les conditions de Gauss sont respectées si le rayon arrive proche de l'axe optique et avec une faible incidence. Cela nous permet de faire des approximations comme  $\sin(x) \approx x$  ou  $\tan(x) \approx x$ .



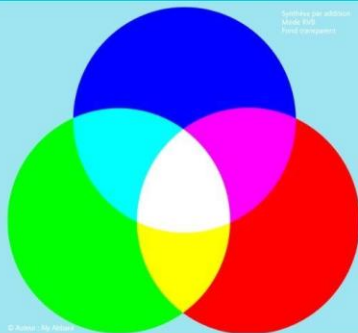
## HYPERMÉTROPIE

Les lentilles convergentes sont utilisées dans la correction de défauts de vue comme l'hypermétropie. En effet, un oeil hypermétrope forme l'image après la rétine : il n'est donc pas assez convergent, d'où l'utilisation de lentilles convergentes.

# CODAGE RVB DES COULEURS ET ARDUINO

## OBJECTIF

Une carte vous donnera un codage RVB d'une LED. Vous devez modifier le programme avec les données de la carte. À ce moment là, un code secret devra être déchiffré avec la couleur de la LED et son code morse associé : vous obtiendrez le second numéro du code.



## COULEUR

Le codage numérique des couleurs se fait sur le principe de la synthèse additive des trois couleurs primaires : rouge, vert et bleu (modèle RGB). Dans cet atelier, chaque couleur est associée à deux chiffres. Pour savoir lequel choisir, il vous faudra décoder une lettre en morse.

## MORSE

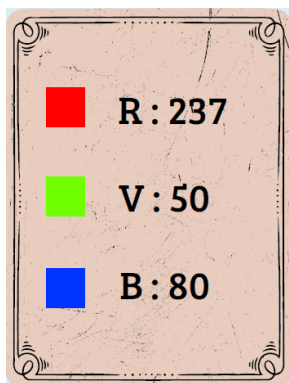
Le code Morse a été inventé dans les années 1830 par Samuel Morse, pour permettre la transmission de messages à distance via le télégraphe électrique. La LED va clignoter et donner une lettre en morse, lettre qui permettra de savoir quel chiffre est le bon pour le code.

A ● -	J ● - - -	S ● ● ●
B - ● ● ●	K - - ●	T -
C - ● - ●	L ● - ● ●	U ● ● -
D - ● ●	M - -	V ● ● ● -
E ●	N - ●	W - - -
F ● ● - ●	O - - -	X - ● ● -
G - - ●	P ● - ● ●	Y - ● - -
H ● ● ● ●	Q - - ● -	Z - - ● ●
I ● ●	R ● - ●	

# DÉCRYPTAGE DU SECOND CHIFFRE DU CADENAS

## Couleurs

Couleurs	Numéros
	0 ou 1
	2 ou 3
	4 ou 5
	6 ou 7
	8 ou 9

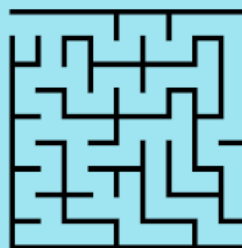


Un exemple de carte R V B

# RÉFLECTION ET LABYRINTHE

## OBJECTIF

Vous êtes munis d'un laser et de plusieurs miroirs plans. Le but va être de faire sortir le faisceau laser en dehors du labyrinthe. Vous devriez alors voir apparaître un bout du code (premier chiffre).

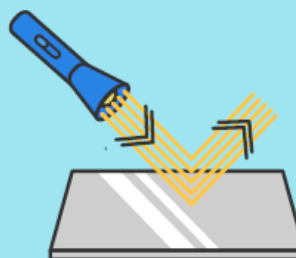


## ATTENTION !

Les lasers peuvent créer des dommages irréparables sur les yeux. Attention à ne jamais le regarder directement et à ne jamais le pointer sur ses camarades.

## RÉFLECTION

Les miroirs renvoient le rayon lumineux avec le même angle d'incidence en valeur absolu, mais de signe opposé. Cela explique notamment que tout soit inversé dans un miroir.



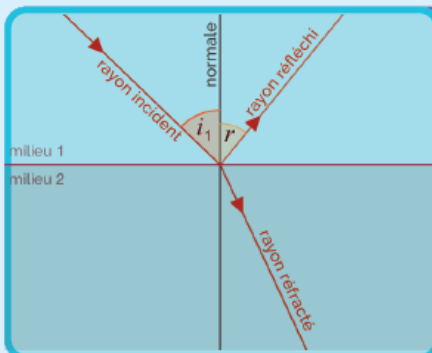
## DÉDALE

Dans la mythologie grecque, le roi Minos commanda la construction d'un labyrinthe dont il est impossible de s'échapper. Chaque année il offrit en tributs plusieurs enfants au minotaure jusqu'à ce que Thésée tue ce dernier et trouve la sortie du labyrinthe.

# LOI DE SNELL-DESCARTES RÉFRACTION

## OBJECTIF

Viser le centre de demi-disque avec le faisceau laser et mesurer l'angle de réfraction obtenu. Avec la loi de Snell-Descartes, vous retrouverez l'indice optique du milieu 2. Le chiffre des dixièmes correspond au dernier numéro du code.



## LOI DE SNELL-DESCARTES

Dans un milieu transparent homogène, la lumière se déplace en ligne droite. Lorsqu'un rayon arrive à l'interface de deux milieux distincts (dioptre), il peut être réfracté ou réfléchi.

## RÉFRACTION

En cas de réfraction on a une relation qui relie l'angle incident et son milieu avec l'angle réfracté et son milieu.

On donne  $n_1 = 1$  et on vous demande de prendre 3 mesures d'angle réfracté avec des angles ayant pour incidence  $i_1 = 20^\circ$ ;  $40^\circ$ ;  $60^\circ$ .

$$n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$$



Les lasers peuvent créer des dommages irréparables sur les yeux. Attention à ne jamais le regarder directement et à ne jamais le pointer sur ses camarades.



## HISTOIRE

Cette relation a d'abord été découverte par Willebrord Snell en 1621 puis redécouverte par René Descartes en 1637.