

---

## MirrorVerse

Élèves : Guillaume Calderon, Mohammed Ali, Eymeric Déchelette

Enseignant : Jérôme Bastien

### Cahier des charges

#### Contexte

Ce projet fait suite à la demande d'un étudiant, Quentin COURDEROT, en troisième année en spécialité informatique à Polytech. Il a demandé à son enseignant Jérôme Bastien de l'aider à écrire un algorithme pour déterminer la trajectoire d'un rayon lumineux lorsque celui-ci vient frapper un miroir plan fini.

#### Objectif

L'objectif de ce projet est donc d'étudier le comportement d'un rayon lumineux lorsqu'il rencontre des miroirs. Il y a alors deux comportements possibles : le rayon peut être piégé dans le nid de miroirs et se réfléchir à l'infini, ou il peut parvenir à sortir du nid de miroirs. Sa trajectoire, quant à elle, peut suivre un motif ou bien être chaotique. On considèrera qu'une trajectoire est chaotique si, après  $n$  réflexions ( $n$  dépendant du cas étudié), on ne constate aucune répétition.

Dans le cadre de ce projet, nous développerons un outil permettant de simuler et visualiser le comportement de rayons lumineux lorsqu'ils rencontrent des miroirs. La simulation devra autant que possible être juste physiquement, c'est à dire qu'elle devra coller au maximum à la réalité. Elle s'appuiera sur la seconde loi de Snell-Descartes (réflexion) et devra fonctionner au minimum en 2 dimensions et avec des miroirs plans.

La simulation pourra par la suite être enrichie, en prenant en compte par exemple plus de dimensions ou en intégrant un plus grande variété de miroirs.

---

## Réponse Technique

Pour répondre au mieux aux exigences de ce projet, le simulateur sera développé avec le langage Rust. Ce dernier est un langage de choix pour la création de programmes très rapides, notamment de par sa nature de langage compilé. Celui-ci permettra aussi d'intégrer facilement des tests automatisés afin d'avoir un code le plus robuste possible.

On utilisera la bibliothèque nAlgebra, qui nous permettra de manipuler aisément différentes notions mathématiques telles que les vecteurs, les points, etc.

La simulation intégrera de plus un outil de visualisation permettant de se déplacer dans le monde virtuel comprenant les miroirs et rayons simulés. Cela permettra de constater simplement et rapidement le résultat de la simulation. Cet outil de visualisation sera développé à l'aide de la bibliothèque WGPU.

## Difficultés Attendues

Pour la réalisation de ce projet, nous avons identifié deux difficultés majeures. La première concerne la détection de l'intersection entre les rayons et les miroirs. Celle-ci se doit d'être exacte, car toute imprécision, même minime, se traduira par de gros écarts entre la simulation et la réalité après un grand nombre de réflexions. Elle devra également être très rapide afin de pouvoir réaliser des simulations complexes avec beaucoup de miroirs et de réflexions.

La deuxième difficulté concerne la technologie d'affichage. Elle demandera beaucoup de recherches documentaires pour se former sur cette technologie relativement nouvelle et complexes (simulation d'un monde 3D, matrices de vue et de projection...). Cela risque un potentiel retard. C'est pourquoi nous rajouterons impérativement une fonction d'export des résultats dans un fichier JSON afin de pouvoir récupérer les données de la simulation sans passer par la visualisation interne au programme.

---

Cette fonctionnalité permettra en outre d'exporter ces données dans un autre logiciel afin de poursuivre l'étude au delà du cadre de ce projet.

## Milestones

Pour ce projet, nous prévoyons 4 milestones, qui seront autant de différentes versions du programme. Chaque version apportera des fonctionnalités supplémentaires.

**Fonctionnalités v1** Pour cette première version, on devra pouvoir:

- Configurer facilement l'ensemble des miroirs pour la simulation. Ceci se via une description en JSON.
- Choisir la direction et le point de départ du rayon.
- Visualiser aisément le trajet du rayon lumineux.

Cette simulation devra de plus supporter les miroirs plan et fonctionner en 2D.

Cette première version utilisera cependant déjà des bases locales et des symétries plutôt que des angles afin d'anticiper la généralisation en 3D.

**WorkPackages** Pour cette milestone ces workpackage devront être réalisés :

Nom	Description	Durée
Création affichage	La création d'une affichage en 2D basique	7 jours
Création architecture miroir	Écriture de la modélisation des miroirs et l'import depuis un fichier json	7 jours
Création réflexion basique rayon	Implémentation des réflexions des rayons	7 jours
Liaison des différentes parties	Connecter toutes les parties précédentes ensemble	7 jours
Tests d'intégration	Écriture de tests afin d'assurer que toutes les fonctionnalités de cette milestone fonctionnent comme prévu	4 jours

---

**Fonctionnalités v2** Cette deuxième version devra supporter les types de miroirs suivants :

- plan,
- circulaires,
- en courbe de Bézier.

### WorkPackages

Nom	Description	Durée
Amélioration affichage	Amélioration de l’affichage en 2D	7 jours
Création de nouveaux miroirs	Ajout de la gestion des miroirs circulaires et en courbe de Bézier	7 jours
Nouvelles réflexions	Ajout de fonctionnalités pour gérer les nouvelles réflexions	7 jours
Liaison des différentes parties	Connecter les nouvelles fonctionnalités ajoutées	7 jours
Tests d’intégration	Écriture de tests pour assurer que les nouvelles fonctionnalités fonctionnent comme prévu	4 jours

**Fonctionnalités v3** L’objectif minimal de la troisième version est d’obtenir une simulation fonctionnant en 3D. Son fonctionnement en nD serait un plus (facultatif en fonction du temps à disposition et des difficultés rencontrées)

### WorkPackages

Nom	Description	Durée
Généralisation affichage	Mise en place d’un affichage en 3D (ou nD)	7 jours
Généralisation des miroirs	Gestion de miroirs en 3D (ou nD)	7 jours
Généralisation des réflexions	Adaptation des réflexions pour le passage en 3D (ou nD)	7 jours
Liaison des différentes parties	Connexion des différentes fonctionnalités pour la 3D (ou nD)	7 jours

Nom	Description	Durée
Tests d'intégration	Ajout de tests pour vérifier l'intégrité des nouvelles fonctionnalités	4 jours

**Fonctionnalités v4** Enfin, la quatrième version, facultative, pourra intégrer, selon les besoins, des fonctionnalités d'analyse de la trajectoire du rayon. On pense notamment à la détection automatique de la sortie du rayon de l'ensemble de miroirs, ou à la détection automatique d'une boucle (le rayon passe 2 fois au même endroit).

### WorkPackages

Nom	Description	Durée
Adaptation de la structure du programme	Révision de la structure du programme pour intégrer les nouvelles fonctionnalités d'analyse	7 jours
Développement détecteur de boucles	Ajout d'un détecteur pour identifier les trajectoires récurrentes	7 jours
Développement du détecteur de sorties	Ajout d'un détecteur pour identifier les sorties du rayon du nid de miroirs	7 jours
Liaison des différentes parties	Connexion des nouveaux détecteurs avec le reste du programme	7 jours
Tests d'intégration	Écriture de tests pour vérifier le bon fonctionnement des nouvelles fonctionnalités d'analyse	4 jours

## Organisation temporelle

