



# Approximation d' éclairage indirect en temps réel: Recette

Blaise Cardonne, Gauthier Bouyjou, Valentin Camus, Rihab Elrifai, Sylvain Durand  
Encadrant / Client : François Desrichard



# Axes de la présentation

1. Présentation du chef d'oeuvre et réalisation
  - Contexte
  - Description du projet et objectif global
  - Exigences fonctionnelles initiales
  - Couverture des exigences
  - Tests de recette et scénarios de validation des fonctionnalités
2. Déroulement du chef d'oeuvre
  - Planning et développement
  - Difficultés rencontrées
  - Analyse des risques
    - i. Risques déclenchés
    - ii. Risques imprévus initialement
3. Démonstration
4. Analyse des résultats
  - Résultat visuel
  - Performances de la solution
5. Conclusion
  - Améliorations et évolutions possibles

# Présentation du chef d'oeuvre et réalisation

## Contexte

### Parties prenantes :

- Client :
  - François Desrichard

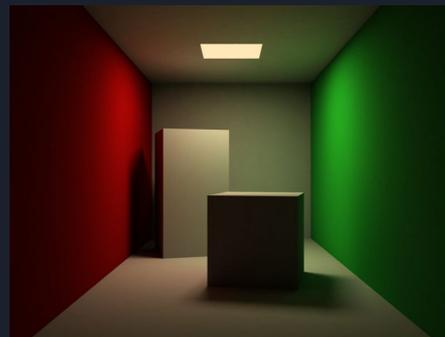
- Équipe :

- Blaise Cardonne
- Gauthier Bouyjou
- Valentin Camus
- Rihab El Rifai
- Sylvain Durand

---

### Problématique générale :

Reproduire de l'éclairage global de manière réaliste avec une contrainte majeure qui est la production d'images en temps réel.



Cornell Box ©Wikipedia



# Présentation du chef d'oeuvre et réalisation

## Description du projet et objectif global

### Description du projet :

- Moteur de rendu minimaliste
  - Import de scène
  - Contribution des lumières via une BRDF physiquement réaliste
  - Éclairage direct avec ombrage
- Implémentation des articles de recherches
  - Éclairage indirect
    - *Reflective shadow maps*, Carsten Dachsbacher et Marc Stamminger, 2005
    - *Imperfect shadow maps for efficient computation of indirect illumination*, Ritschel et al., 2008
  - Rendu plus réaliste
    - *Virtual spherical gaussian lights for real-time glossy indirect illumination*, Yusuke Tokuyoshi, 2015

---

### Objectif global :

- S'approcher de la solution que Square Enix propose dans son article.



# Présentation du chef d'oeuvre et réalisation

## Exigences fonctionnelles initiales

Le produit fini devra offrir les fonctionnalités suivantes :

- Charger une scène 3D.
- Dessiner une scène 3D en utilisant un modèle de BRDF physiquement réaliste.
- Déplacer la caméra.
- Déplacer les lumières.
- Permettre de choisir entre les différentes méthodes d'éclairages indirects.
- Générer de l'éclairage indirect selon la méthode choisie :
  - *Reflective Shadow Maps*
  - *RSM + gaussiennes sphériques*
  - *Imperfect Shadow Maps*
- Permettre de sauvegarder une image de rendu.

# Présentation du chef d'oeuvre et réalisation

## Couvertures des exigences

Exigences principales :

Fonction	Description	Priorité	Avancement
FP1	Charger une scène 3D.	Forte	Fait
FP2	Dessiner la scène avec éclairage direct.	Forte	Fait
FP3	Déplacer la caméra.	Forte	Fait
FP4	Choisir quelle méthode d'éclairage indirect utiliser.	Forte	Fait
FP5	Générer de l'éclairage indirect par avec la méthode <i>Reflective Shadow Maps</i> .	Forte	Fait
FP6	Générer de l'éclairage indirect avec la méthode des <i>RSMS</i> et les gaussiennes sphériques.	Moyenne	Non fait



# Présentation du chef d'oeuvre et réalisation

## Couvertures des exigences

Exigences optionnelles :

Fonction	Description	Priorité	Avancement
FO1	Déplacer les lumières.	Faible	Fait
FO2	Générer de l'éclairage indirect avec les méthodes <i>RSM</i> , les gaussiennes sphériques et <i>Imperfect Shadow Maps</i> .	Faible	Non fait
FO3	Sauvegarder une image de rendu sur disque.	Faible	Fait

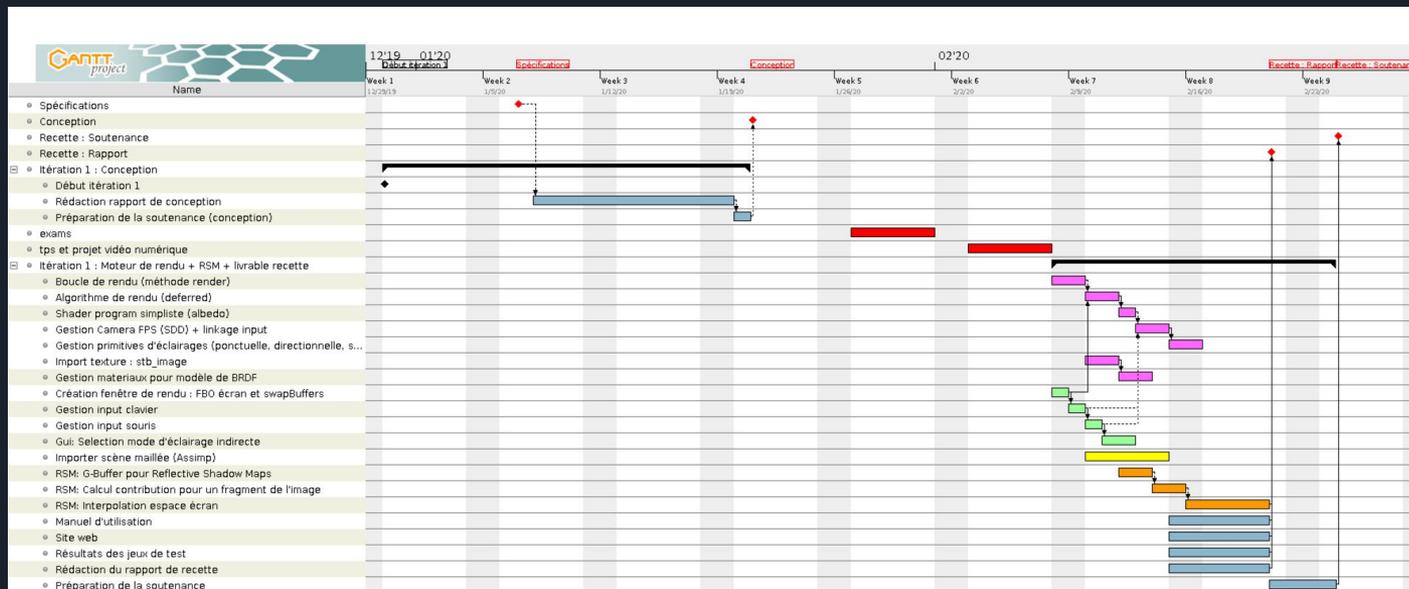
# Présentation du chef d'oeuvre et réalisation

## Tests de recette et scénarios de validation des fonctionnalités

Fonction	Objectif à remplir pour validation	Validé
FP1	L'utilisateur pourra importer des scènes 3D à partir du logiciel.	Oui
FP2	L'utilisateur après avoir importé une scène pourra la visualiser en utilisant l'éclairage direct avec calcul de visibilité.	Oui
FP3	L'utilisateur pourra déplacer la caméra au clavier.	Oui
FO1	L'utilisateur peut sélectionner une source de lumière (et la déplacer).	Oui
FP4	L'utilisateur peut choisir quel mode de rendu utiliser parmi les méthodes proposées.	Oui
FP5	L'utilisateur peut visualiser le résultat avec les <i>RSMs</i> seules.	Oui
FP6	L'utilisateur peut visualiser le résultat avec les <i>RSMs</i> et les gaussiennes sphériques.	Non
FO2	L'utilisateur peut visualiser le résultat avec les <i>RSMs</i> , les gaussiennes sphériques et les <i>ISM</i> s.	Non
FO3	L'utilisateur peut sauvegarder une image.	Oui

# Déroulement du chef d'oeuvre

## Planning et développement



Module	Core Engine	Gui	IO	Lighting	Équipe
Couleur					

# Déroulement du chef d'oeuvre

## Planning et développement

### Module Core Engine

Tâche	Description	Avancement	Difficulté
Boucle de rendu	Ecriture de notre boucle de rendu de base.	Fait	Faible
Algorithme de rendu	Implantation de l'algorithme du <i>deferred shading</i> .	Fait	Forte
Shader program	Création de shader program : vertex shader prenant en compte les diverses transformations liés aux objets de la scène, fragment shader simpliste utilisant l'albédo du matériau.	Fait	Faible
Gestion des matériaux	Matériau simpliste : modèle de BRDF dans le fragment shader (rugosité, albedo, ...).	Fait	Faible
Gestion de textures	Gestion et importation de textures avec <i>stb_image</i> .	Fait	Faible
Gestion des primitives d'éclairage	Structure de données pour les lumières : ponctuelles, directionnelles, spot, ...	Fait	Faible
Gestion d'un nuage de points	Structure de donnée "nuage de point" pour l'échantillonnage des VPLs pour l'ISM.	Non fait	Moyenne
Gestion caméra	Gestion de caméras.	Fait	Faible

Total : 87 %

### Module Gui

Tâche	Description	Avancement	Difficulté
Création fenêtre de rendu	Création de la fenêtre de rendu avec GLFW.	Fait	Faible
Gestion entrées clavier	Création d'"event handler" lors d'entrées clavier typiquement pour les déplacements de caméras.	Fait	Faible
Gestion entrées souris	Sur la fenêtre de rendu (changement de direction caméra, ...).	Fait	Faible
Sélection mode d'éclairage	Création d'une interface utilisateur pour la sélection des différents mode de rendu.	Fait	Faible
Transformation objet	Permettre le déplacement ou la rotation d'objets (sources lumineuses incluses).	Fait	Forte
Sélection d'objet	Permettre la sélection d'un objet pour modifier sa matrice de transformation.	Fait	Moyenne
Sauvegarde sur disque	Permettre à l'utilisateur de sauvegarder l'image courante.	Fait	Faible
Import de fichier scène	Importer un fichier de scène.	Fait	Faible
Éditeur de lumière	Permettre d'éditer la couleur des lumières et la puissance pour mieux visualiser le résultat obtenu lors de comparaison de techniques d'éclairage indirect.	Fait	Faible

Total : 100 %

# Déroulement du chef d'oeuvre

## Planning et développement

### Module IO

Tâche	Description	Avancement	Difficulté
Importer scène	Utilisation de la librairie externe Assimp pour importer tous types de fichier compatibles vers notre structure de scène.	Fait	Moyenne
Sauvegarde image sur disque	Sauvegarde de l'image courante sur disque. Utilisation de write de <code>stb_image</code> .	Fait	Faible

Total : 100 %

### Module Lighting

Tâche	Description	Avancement	Difficulté
"G-Buffer"	Utilisation d'un "G-Buffer" pour les cartes de profondeurs de chaque source lumineuse.	Fait	Moyenne
Contribution	Évaluation de l'éclairage pour un fragment de l'image.	Fait	Forte
Interpolation	Interpolation en espace écran.	Fait	Forte
Opérations arithmétiques	Opérateurs arithmétiques pour les gaussiennes.	Non fait	Moyenne
Échantillonnage spatial	Phase de pré-calcul, création d'un nuage de points de la scène.	Non fait	Moyenne
Atlas de VPLs	Création d'une texture regroupant toutes les cartes de profondeurs des VPLs.	Non fait	Forte
Contribution	Calcul de la contribution des VPLs avec les gaussiennes sphériques.	Non fait	Forte

Total : 43 %





# Déroulement du chef d'oeuvre

## Analyse des risques

- Risques déclenchés
  - Perte de temps sur la construction du moteur graphique
- Risques imprévus initialement
  - Ajout d'un travail externe au projet



# Démonstration

(sur une Nvidia GTX 1050 4GB mobile)

# Résultat visuel

650 VPLs



Eclairage direct uniquement, Sponza Palace ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>



Eclairage direct et indirect, Sponza Palace ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>

# Résultat visuel

650 VPLs



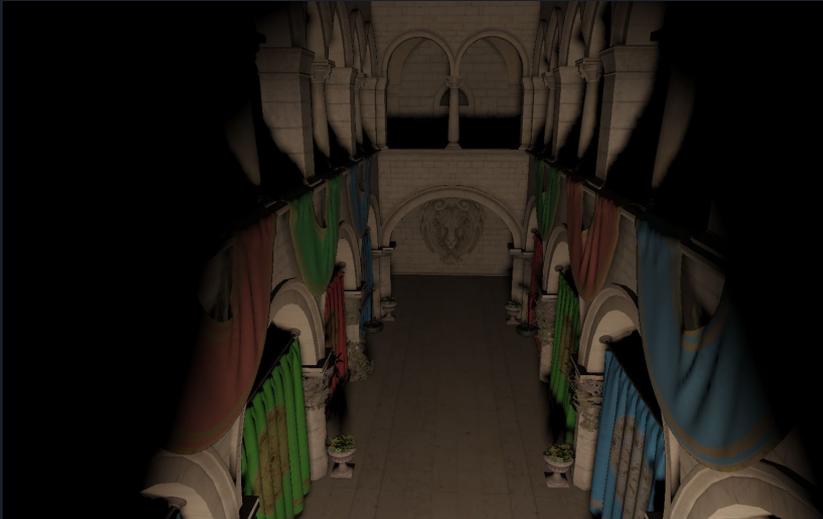
Eclairage direct uniquement, Sponza Palace ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>



Eclairage direct et indirect, Sponza Palace ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>

# Résultat visuel

650 VPLs



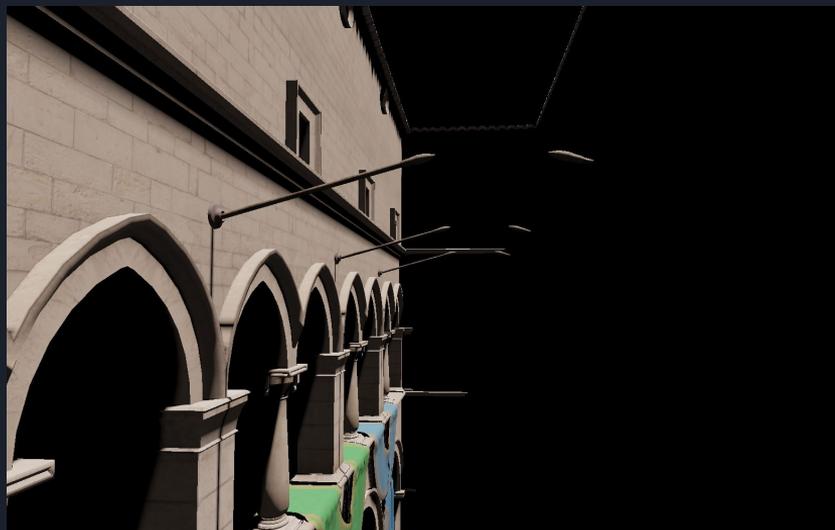
Eclairage direct uniquement, Sponza Palace ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>



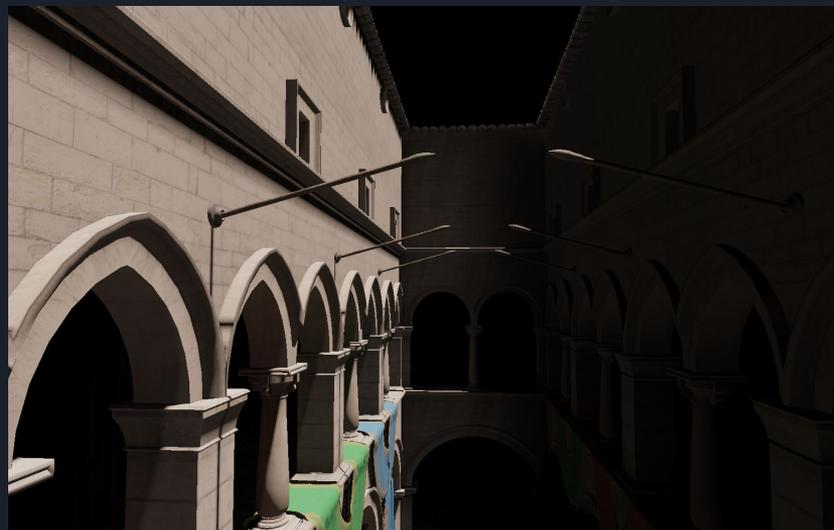
Eclairage direct et indirect, Sponza Palace ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>

# Résultat visuel

650 VPLs



Eclairage direct uniquement, Sponza Palace ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>



Eclairage direct et indirect, Sponza Palace ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>

# Résultat visuel

650 VPLs



Eclairage direct uniquement, Breakfast Room ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>



Eclairage direct et indirect, Breakfast Room ©Morgan McGuire,  
<http://casual-effects.com/data/index.html>



# Performances

- Sur une GTX 1050m:
  - 30 à 50 images par seconde avec 40 VPLs par pixel
  - 15 à 25 images par seconde avec 70 VPLs par pixel
- Sur une GTX 1080Ti:
  - 130 à 144+ images par seconde avec 40 VPLs par pixel
  - 100 à 144+ images par seconde avec 70 VPLs par pixel
  - 60 à 120 images par seconde avec 120 VPLs par pixel
  - 8 à 15 images par seconde avec 650 VPLs par pixel
    - Mesures réalisées sur une image de ~1600 par 1080 pixels sur Sponza

→ La contrainte de fonctionnement en temps réel peut être considérée comme satisfaite en fonction de la qualité attendu et du matériel ciblé



# Conclusion:

## Évolutions/améliorations possibles

- Implantation de l'interpolation en espace écran décrite dans l'article sur les *Reflective Shadow Maps* (Dachsbacher et Stamminger, 2005)
  - Permettrait de confirmer qu'on est effectivement sur un fonctionnement en temps réel
  - Intérêt majeur pour le lissage des défauts:
    - le lissage est un des effets de l'interpolation bilinéaire
    - permettrait d'augmenter drastiquement le nombre de VPLs par pixel
- Gestion des gaussiennes sphériques (Tokuyoshi, 2015)
  - Permettrait de réduire encore plus les artéfacts indésirables qu'on peut parfois observer avec les VPLs
- Implantation des *Imperfect Shadow Maps* (Ritschel et al., 2008) pour répondre au problème de visibilité entre les points de la scène et les VPLs qui est ignoré dans l'article sur les *Reflective Shadow Maps*
- Implantation des RSMs pour les sources ponctuelles



Merci de votre attention.

Des questions ?

# Annexe

## Trello (gestionnaire des tâches)

The screenshot displays a Trello board named "GIR" with a background image of a forest. The board is organized into five columns representing different stages of a workflow:

- IO:** Contains one card: "+ Add a card".
- Lighting:** Contains three cards:
  - GS: Structure de donnée gaussienne spérique (Due: Feb 12)
  - GS: Opérations arithmétiques (Due: Feb 15)
  - GS: Contribution et élimination du splotch (Due: Feb 19)
- Recette et livrables:** Contains four cards:
  - Manuel d'utilisation (Due: Feb 24)
  - Site web (Due: Feb 24)
  - Résultats des jeux de test (Due: Feb 24)
  - Rédaction du rapport de recette (Due: Feb 24)
- Done:** Contains seven cards:
  - Dossier de conception (Due: Jan 28)
  - Préparation soutenance (conception) (Due: Jan 26)
  - RSM: G-Buffer RSM (Due: Feb 2)
  - RSM: Calcul contribution pour fragment de l'image (Due: Feb 5)
  - RSM: Interpolation espace écran (Due: Feb 9)
  - Sauvegarde FBO courant sur disque (navigateur de fichier) (Due: Feb 14)
  - Import fichier scène (navigateur de fichier) (Due: Feb 7)
  - Éditeur de lumière (Due: Feb 19)
  - Création fenêtre de rendu (FBO et (Due: Feb 19)
- Trash:** Contains four cards:
  - Gestion nuage de point pour ISM (Due: Feb 15)
  - ISM: Implémentation Pull & Push, élimination des artefacts (Due: Feb 15)
  - ISM: Atlas des cartes de profondeurs de chaque VPLs (Due: Feb 12)
  - ISM: Phase de pré-calcul (nuage de point) position des VPLs (Due: Feb 19)

# Annexe

## Interface utilisateur

Selection du mode d'éclairage pour le rendu, plusieurs choix multiple afin de comparer avec ou sans éclairage indirect d'un même point de vue de caméra. (Fonctionnalité principale numéro 4)

Vous pouvez agir sur l'objet précédement sélectionné dans la hiérarchie de scène en modifiant la matrice de transformation propre à l'objet, les opérations possibles sont la translation, rotation et changement d'échelle dans un repère global ou local.

```
Framerate: 59, 596712  
Renderer:  
> GeForce GTX 1060 6GB/PCIe/SSE2  
Vendor:  
> NVIDIA Corporation  
Version:  
> 4.6.0 NVIDIA 440.59
```

Informations sur le driver de rendu actif sur le système du client.

```
Lighting  
Lighting mode:  
Unlit  
Direct  
RM  
RM + OS
```

```
Scene  
Scene hierarchy:  
sfo Selection  
Spotlight  
Sponza
```

Hiérarchie de la scène sous forme de liste, les lumières sont considérées comme des entités de la scène, vous pouvez sélectionner une lumière dans cette liste pour pouvoir agir sur la position ou l'orientation de celle là.

```
Transform  
Translate Rotate Scale  
0.000 1.000 -0.000 Tr  
-90.000 -50.000 90.000 Rt  
1.000 1.000 1.000 Sc  
Local World
```

(Fonctionnalité optionnelle numéro 1)