

Numérisation Bi-directionnelle de Pièces d'Art

Frédéric LARUE
larue@lsiit.u-strasbg.fr



Encadrement:
Jean-Michel DISCHLER
Pierre TELLIER



Thèse s'inscrivant dans le cadre d'un projet labelisé RIAM
AMI3D : Archivage et Micro-Identification 3-Dimensions.

Partenaires impliqués:

- Laboratoires de recherche:
 - LSIT, Université Louis Pasteur, Strasbourg (67)
 - LIGIV, Université Jean Monnet, Saint Etienne (42)
- Industriel:
 - Société HOLO3, Saint Louis (68)

Objectifs:

établir une empreinte numérique fiable d'oeuvres d'art en vue d'un archivage et d'une authentification.

Définir une empreinte numérique

Information la plus complète possible – plusieurs critères:

- ☒ **Géométrie** – forme de l'objet
- ☒ **Couleur** – teinte
- ☒ **Texture** – granularité, micro géométrie, reflectance

Définir une empreinte numérique

Information la plus complète possible – plusieurs critères:

- [-] **Géométrie** – forme de l'objet
 - les procédés actuels de numérisation 3D souffrent de nombreux défauts
 - [-] certains matériaux sont difficiles à numériser
 - matériaux brillants, transparents, contrastés, ...
 - [-] une numérisation complète nécessite plusieurs acquisitions
 - choisir les points de vue pour réduire le nombre d'acquisitions
 - recalibrer les différents scans entre eux
- [+] **Couleur** – teinte
- [+] **Texture** – granularité, micro géométrie, reflectance



Problématique

Introduction
Problématique
Nature du travail
Premiers travaux
Travaux actuels
Perspectives

Définir une empreinte numérique

Information la plus complète possible – plusieurs critères:

- + **Géométrie** – forme de l'objet
- **Couleur** – couleur
 - éliminer au maximum les effets d'illumination
 - contrôler l'environnement lumineux
 - définir un volume spatial d'illumination omnidirectionnelle et constante (type **boîte à lumière**)
 - recalibrer la couleur sur la géométrie
- + **Texture** – granularité, micro géométrie, reflectance



Définir une empreinte numérique

Information la plus complète possible – plusieurs critères:

+ **Géométrie** – forme de l'objet

+ **Couleur** – couleur

- **Texture** – granularité, micro géométrie, reflectance

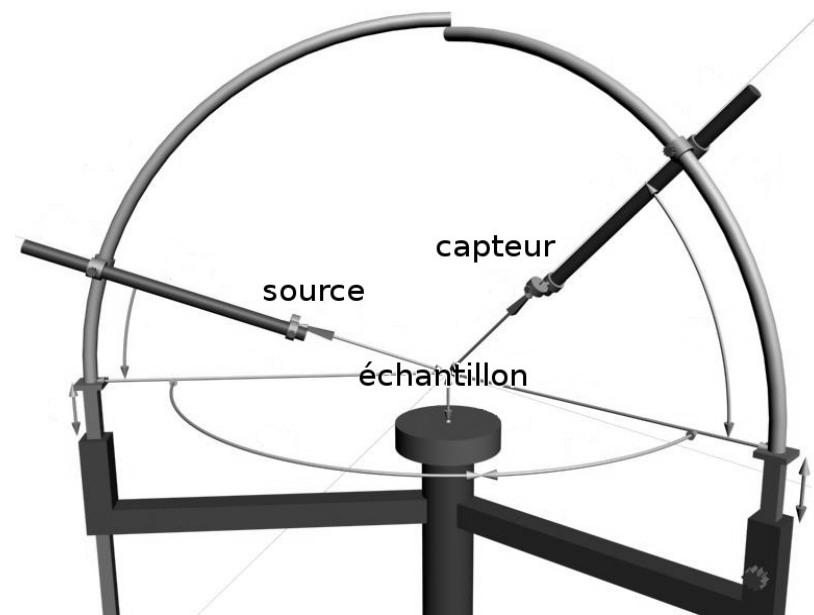
- apparence dépendant du point de vue et de l'éclairage (**bi-directionnelle**)

- complexité de la mesure

- masses de données

- comment représenter l'information?

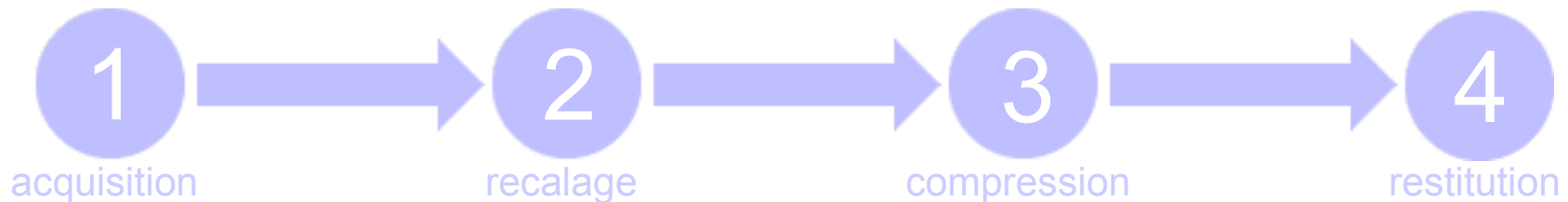
- recalculer la couleur sur la géométrie



Objectifs

- Etablir un protocole d'acquisition de textures de surfaces réelles
- Développer un outil de visualisation **interactive** et **photoréaliste** des objets numérisés

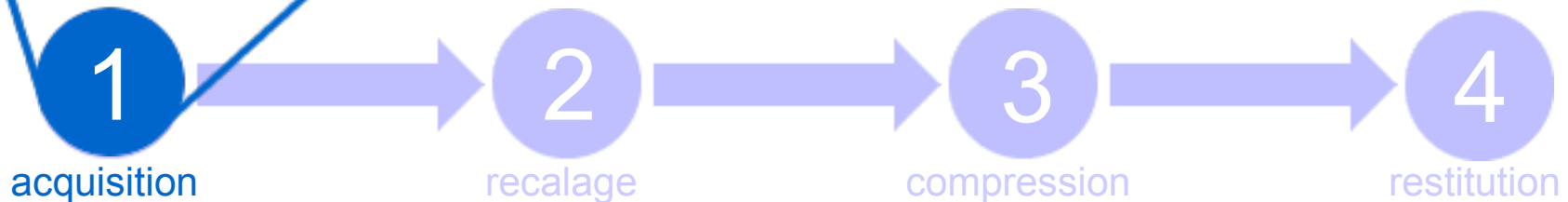
→ 4 étapes



1 – Acquisition



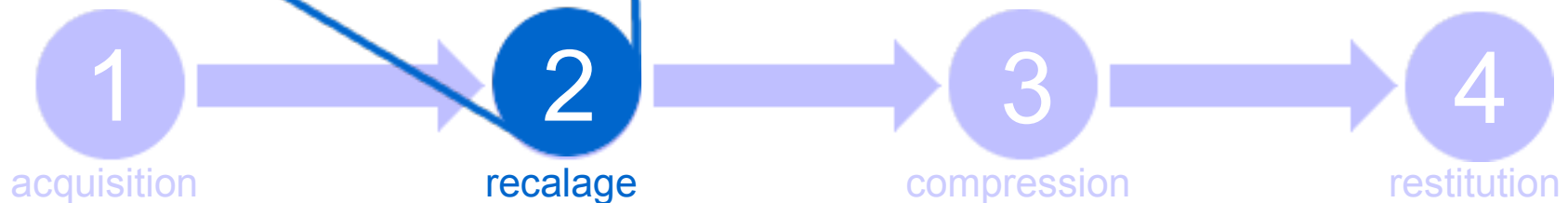
- Capturer l'apparence de l'objet sous toutes les conditions d'éclairage et d'observation (**BRDF**)
- Ensemble de clichés couvrant un maximum de directions d'observation et d'incidence lumineuse
- Conversion : calibrage photométrique



2 – Recalage

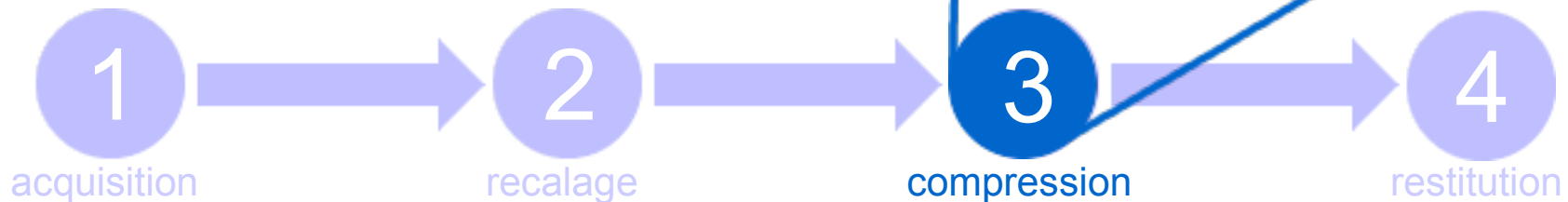
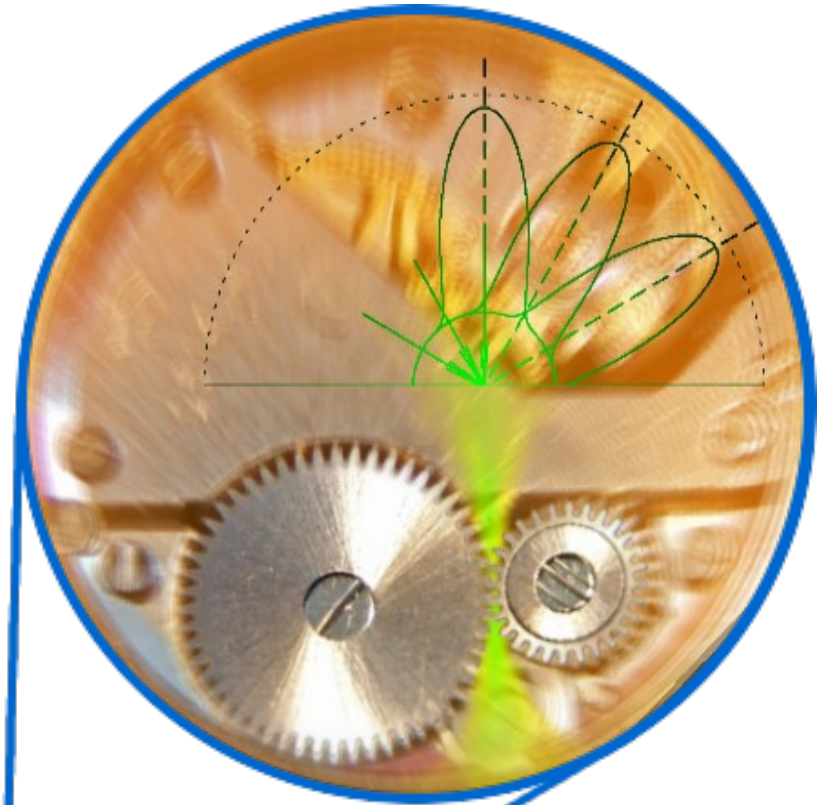


- Récupérer la mesure associée à chaque primitive géométrique
- Calibrage optique
- Etablir une correspondance 3D / 2D de la scène vers chaque cliché
- Projection des primitives dans l'espace image



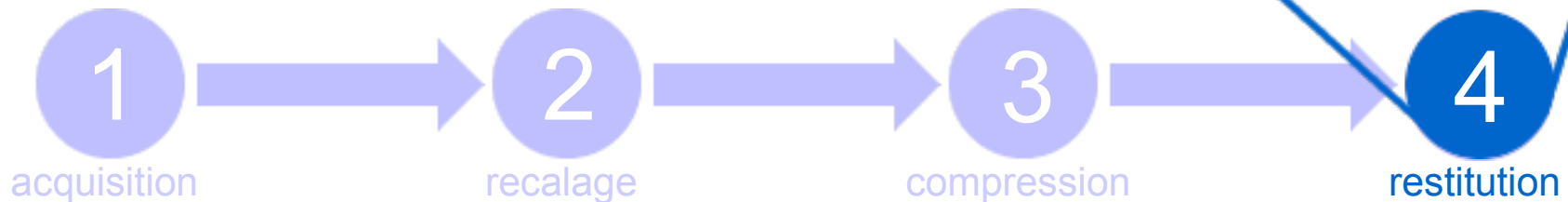
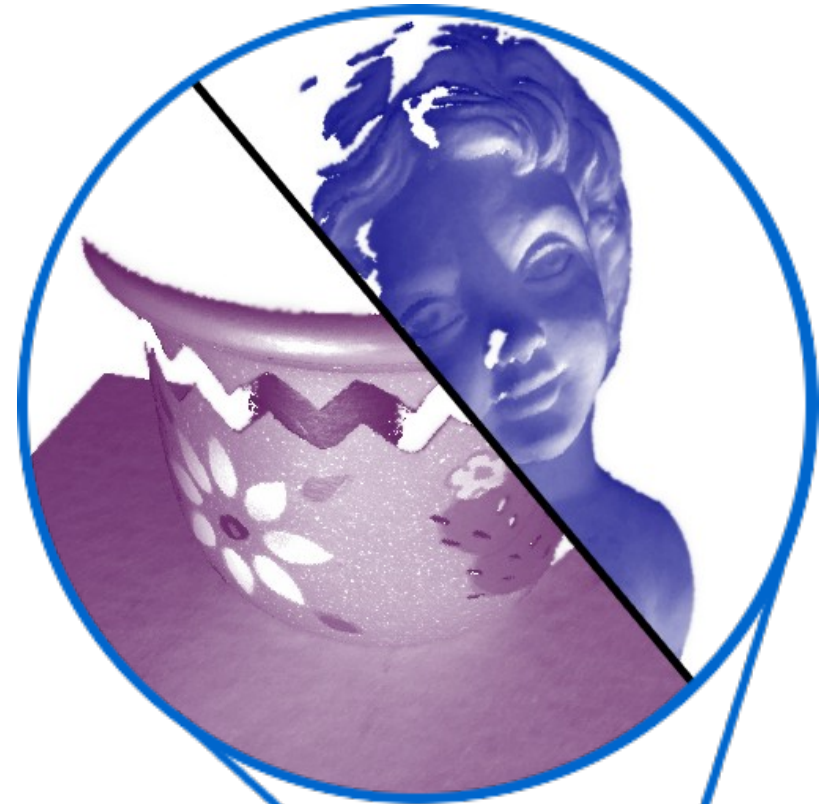
3 – Compression

- Données complexes – BRDF: fonction 4D
 $f_r(\theta_o, \varphi_o, \theta_i, \varphi_i)$
- Echantillonnage souvent très dense - délicat à manipuler tel quel
- Approximation par un modèle analytique ou par projection dans une autre base



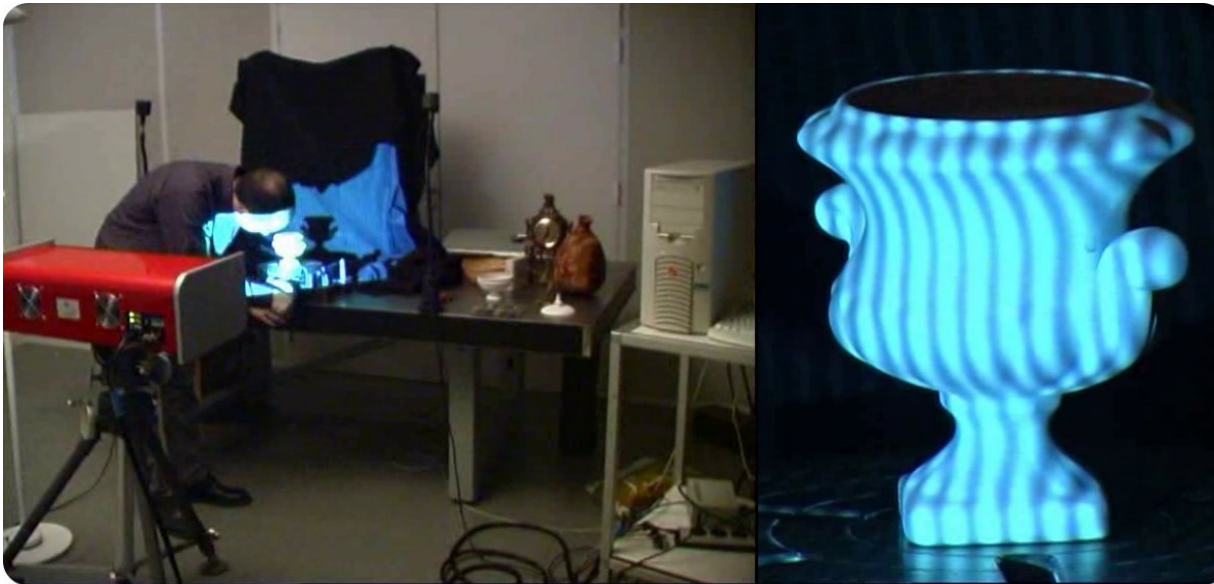
4 – Restitution

- Décompression de l'information à la volée
- Visualisation interactive – fortes contraintes de performance
- Introduction de niveaux de détails
- Exploitation du matériel graphique (**GPU**)



Point de départ

- Dispositif de numérisation 3D par lumière structurée
 - ne fournit que la géométrie
 - aucun protocole de numérisation 3D complète



- Caméra annexe pour l'acquisition de la texture
 - image monochrome uniquement

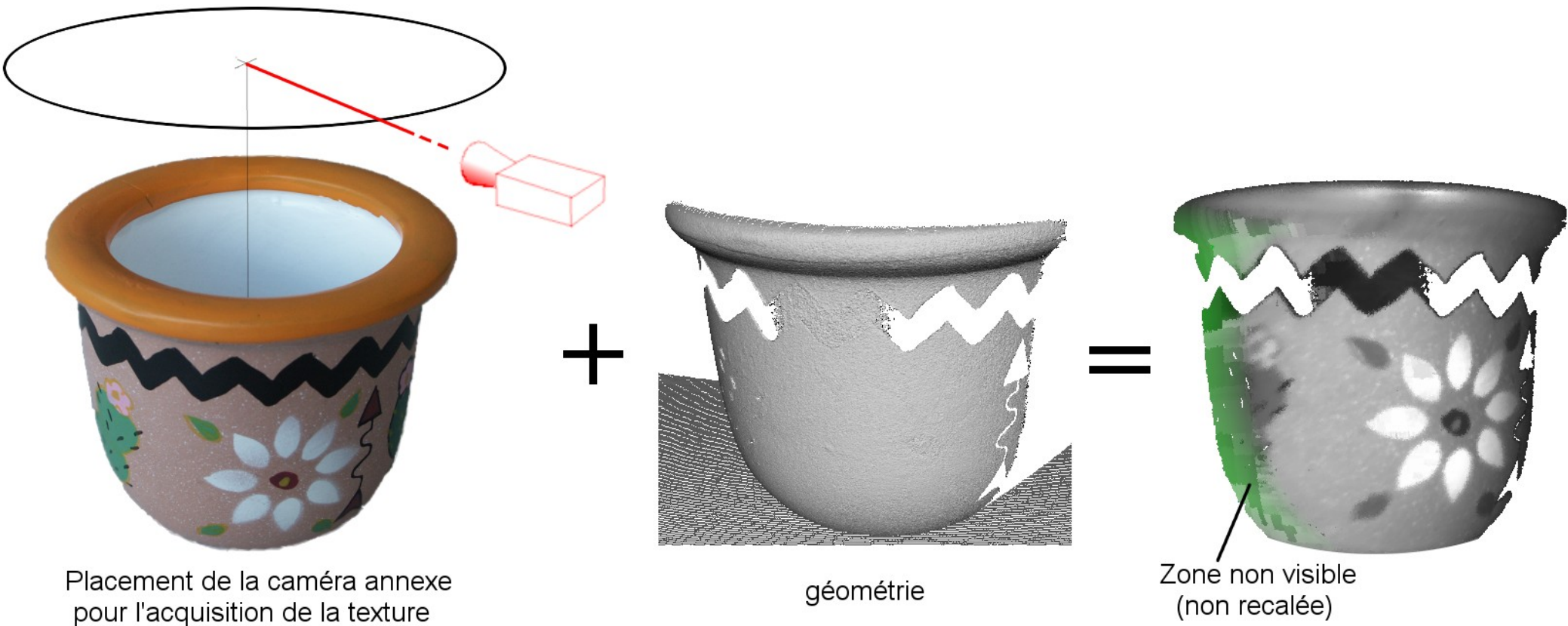
Acquisition et recalage

- Pas de source lumineuse adaptée à une acquisition bi-directionnelle
 - acquisition limitée au cas directionnel
 - environnement lumineux fixe (**lightfield**)
- Pas de matériel permettant de localiser la caméra par rapport à l'objet (bras mobile, goniomètre, ...)
 - méthode de recalage basée image
 - étude d'une nouvelle approche
 - ???

Premiers travaux

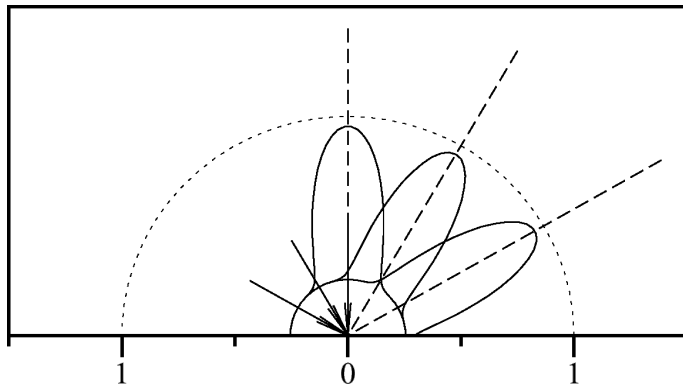
Acquisition et recalage

■ Résultats:



Compression de l'information

- Modèle analytique – approximation non linéaire de **Lafortune**
 - dérivé du modèle de **Phong**
 - somme de lobe de cosinus

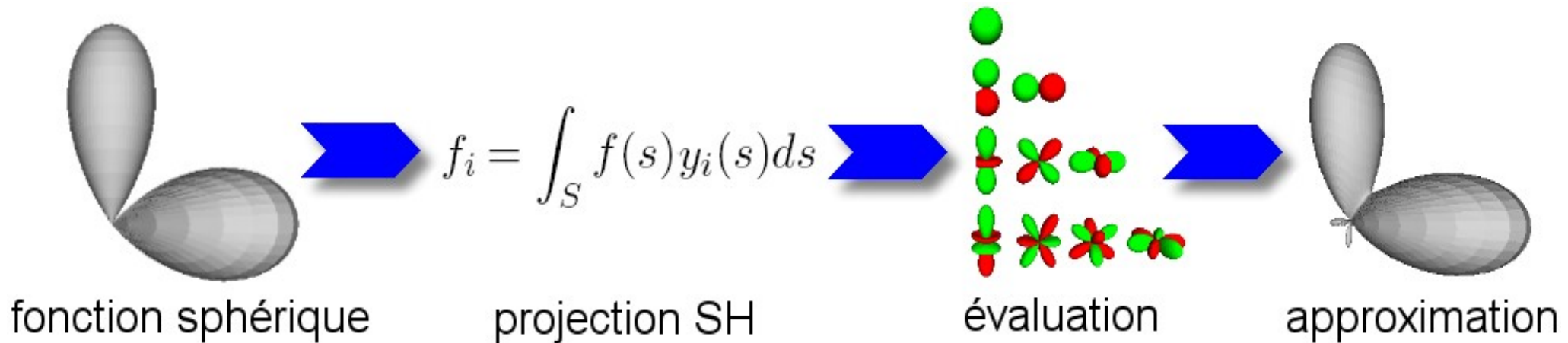


→ détermination de paramètres par minimisation

- + Représentation très compacte
- Réponse d'un matériau pour une seule direction d'incidence lumineuse
 - adapté pour des sources ponctuelles
 - peu pratique pour les lightfields (environnements lumineux quelconques)

Compression de l'information

- Projection dans la base des harmoniques sphériques (**SH**)
 - équivalent des séries de Fourier sur la sphère



- + Intégration sur toute la sphère
 - peut encoder une réponse pour un environnement lumineux quelconque
 - Propriétés intéressantes
 - orthogonalité
- Nombre de coefficients assez important

Visualisation réaliste et interactive

Support d'affichage:

- Information géométrique = nuage de points. Possibilités:
 - reconstruire une surface et afficher un maillage
 - rendu basé point – simuler la surface au moment de l'affichage
- Rendu par **splats** – motif couvrant pour combler les interstices

Affichage par points



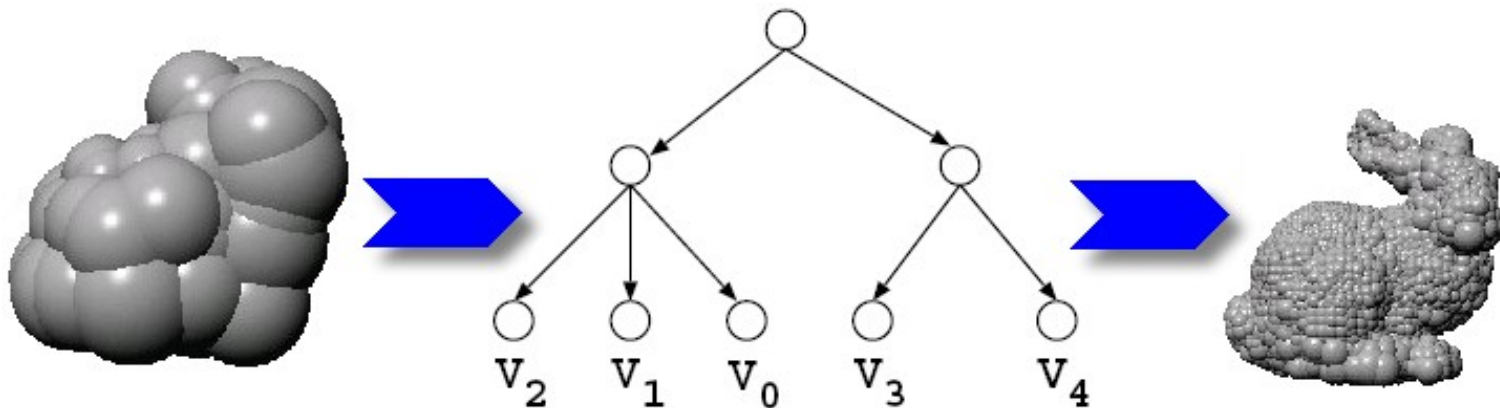
Affichage par splats



Visualisation réaliste et interactive

Interactivité:

- Niveaux de détails
 - hiérarchie de sphères englobantes (**QSplat**)



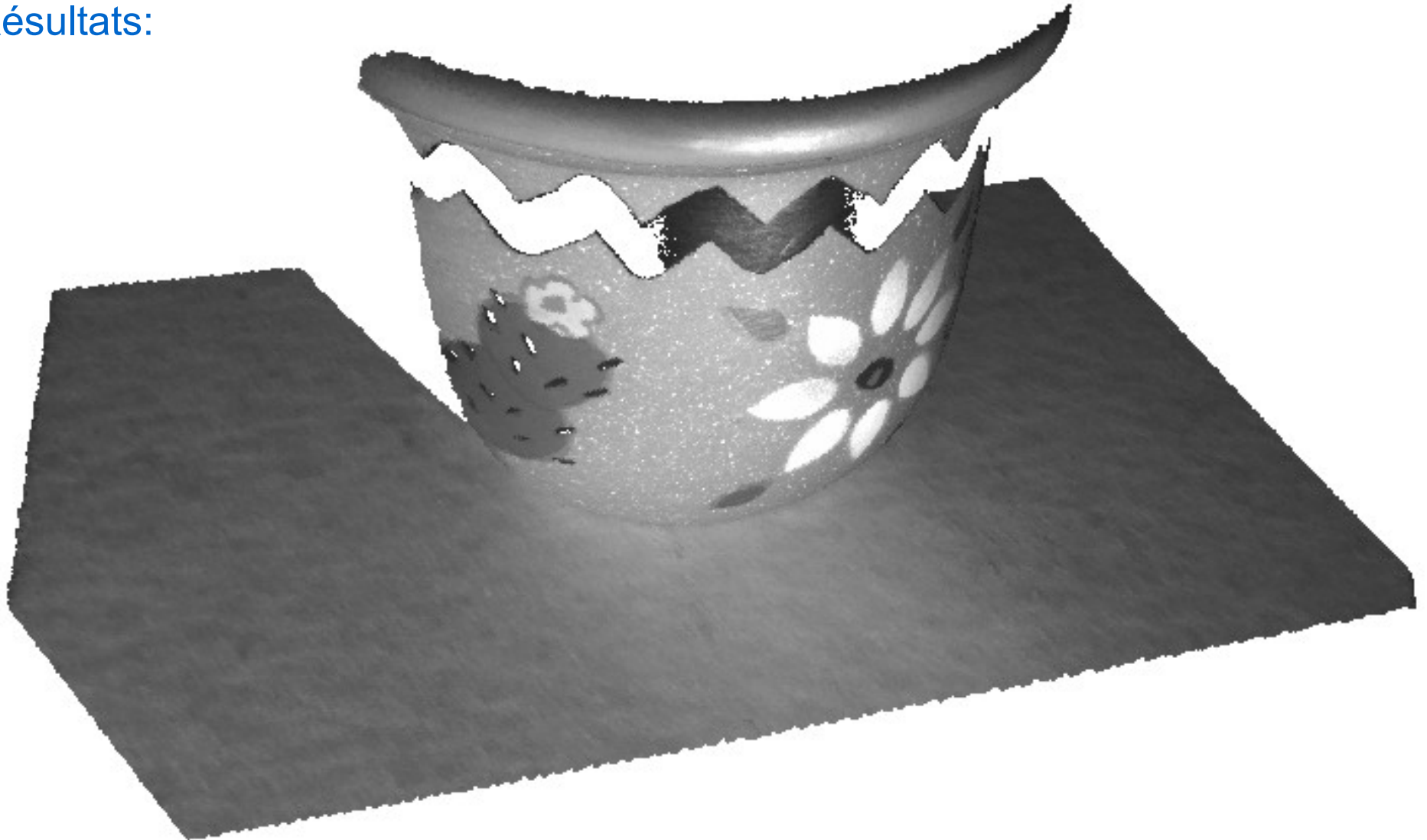
- Exploitation du matériel graphique (GPU)
 - accélération du rendu par splats
 - décompression à la volée des coefficients d'harmoniques

Premiers travaux

Introduction
Problématique
Nature du travail
Premiers travaux
Travaux actuels
Perspectives

Visualisation réaliste et interactive

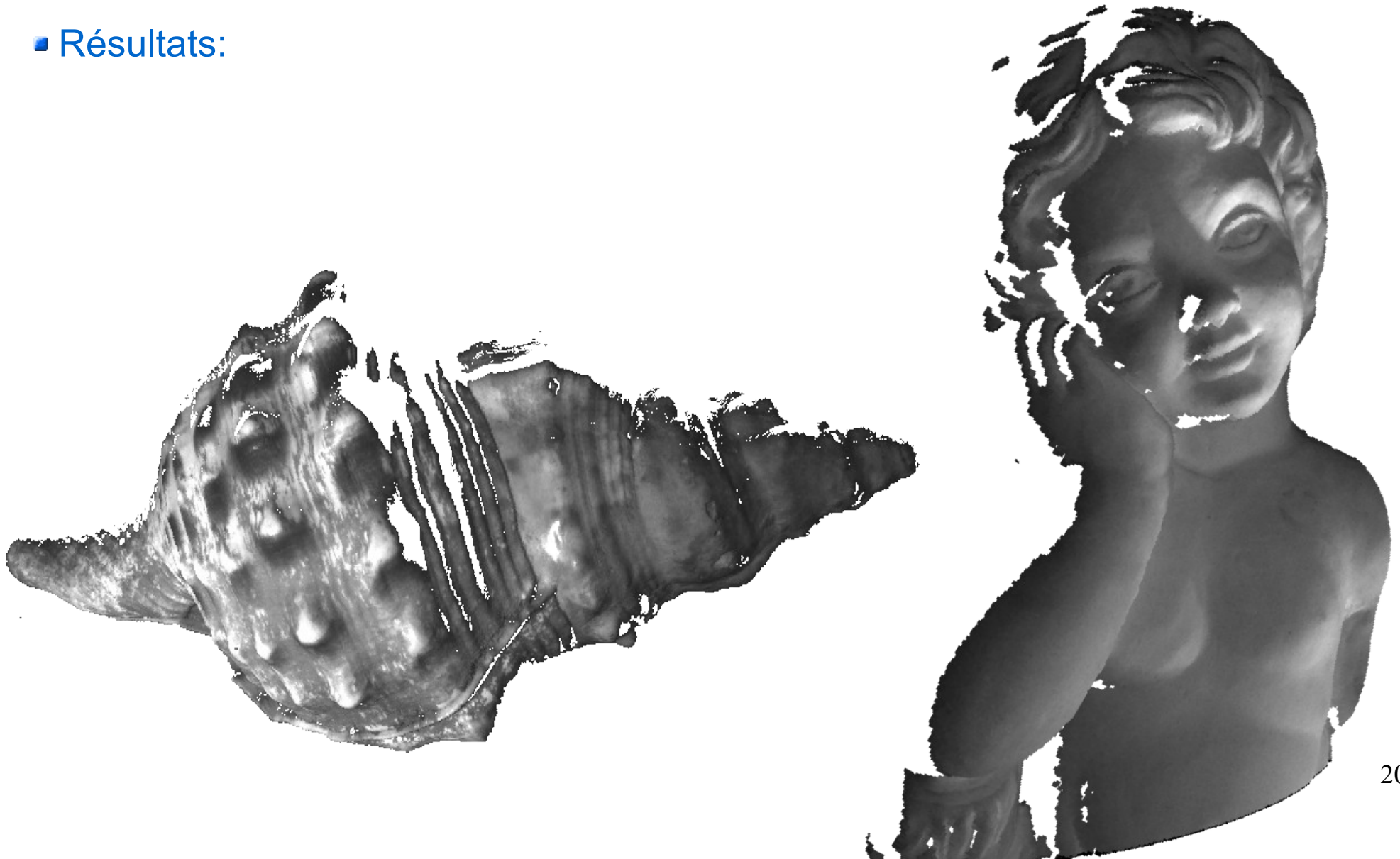
- Résultats:



Premiers travaux

Visualisation réaliste et interactive

- Résultats:



Approfondir

- Quête du réalisme
 - la mesure doit être irréprochable
- Travail principalement axé sur l'acquisition
- Amélioration du recalage géométrie / couleur
 - plus fiable – plus précis
- Mise au point d'un module de recalage géométrie / géométrie

Recalage géométrie / géométrie

- Problèmes de la numérisation 3D
 - seule une petite partie de l'objet est capturée à chaque acquisition
 - chaque scan est exprimé dans le repère caméra
 - but: replacer tous les scans dans le même repère
- Solution
 - même méthode que pour le recalage géométrie / couleur
 - ???



Perspectives

- Priorité: acquérir des données réelles
 - achever la phase d'acquisition géométrique
 - fusion, nettoyage de scans
 - reconstruction, simplification de surface
 - ...
- Ensuite...
 - recherche de nouvelles approches pour le rendu bi-directionnel
 - contrainte de performance (espace de stockage, rapidité d'exécution)
 - contrainte de réalisme (limité l'altération des données initiales)
- Pour commencer: réduire le problème à des cas plus simples...?
 - fixer des degrés de liberté (direction d'observation, d'incidence)
 - lightfield, **image relighting**

Questions ?

Introduction
Problématique
Nature du travail
Premiers travaux
Travaux actuels
Perspectives

