



De Vora Ariel

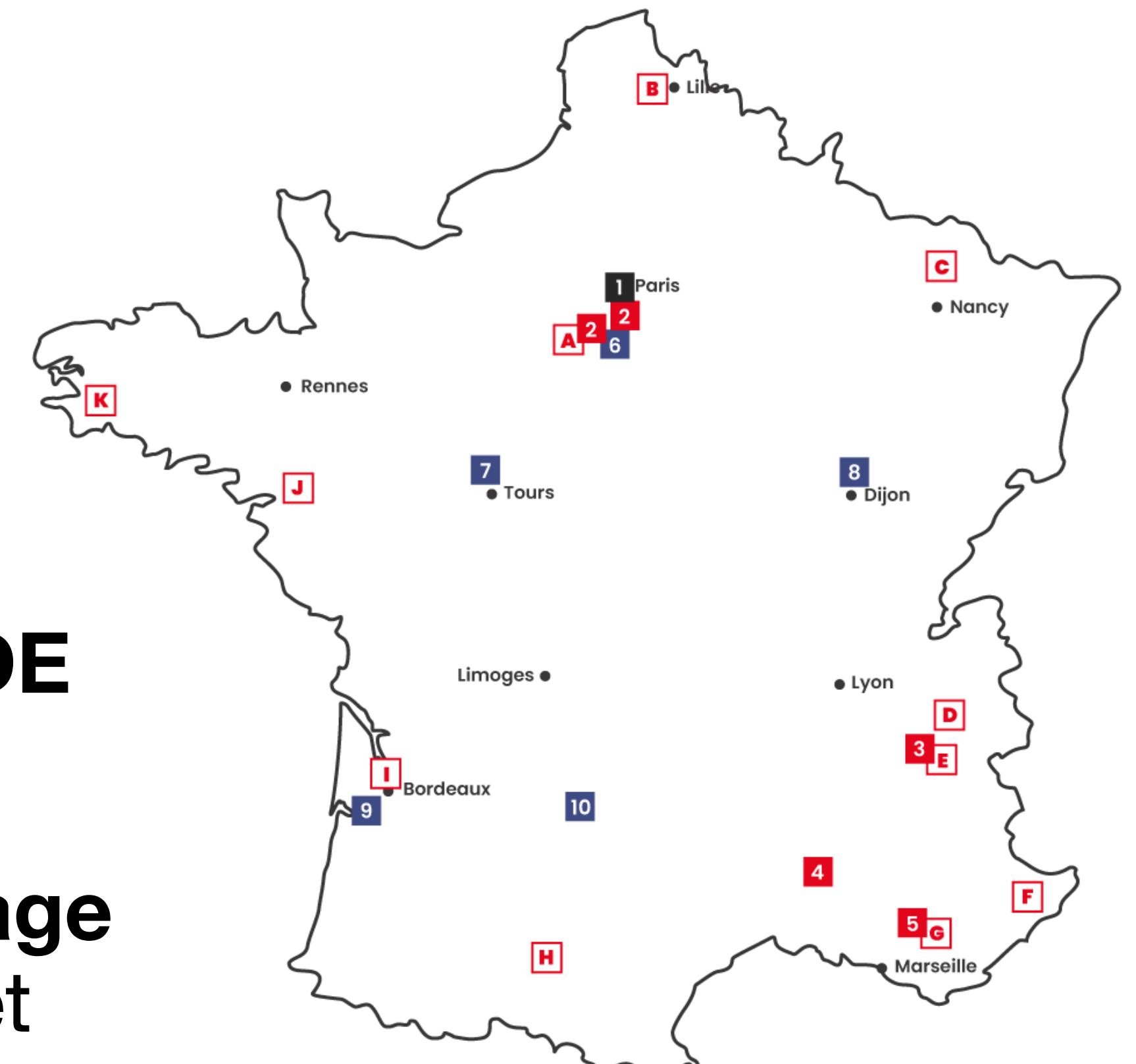
Encadrant pédagogique : C. Prud'homme

Tuteur en entreprise : G. ROUGERON

Études des représentations neurales pour des objets articulés

- Fondé en **1945**
- Plus de **21000** salariés
- **9** centres de recherche
- Plus de **750** partenaires industriels
- Plus de **200** projets de recherche appliquée

- Recherche **applicative**
- Moteur multi-physique **XDE**
- Domaine **XR** et **VR**
- Intérêt dans l'**apprentissage automatique** (simulation et rendus)

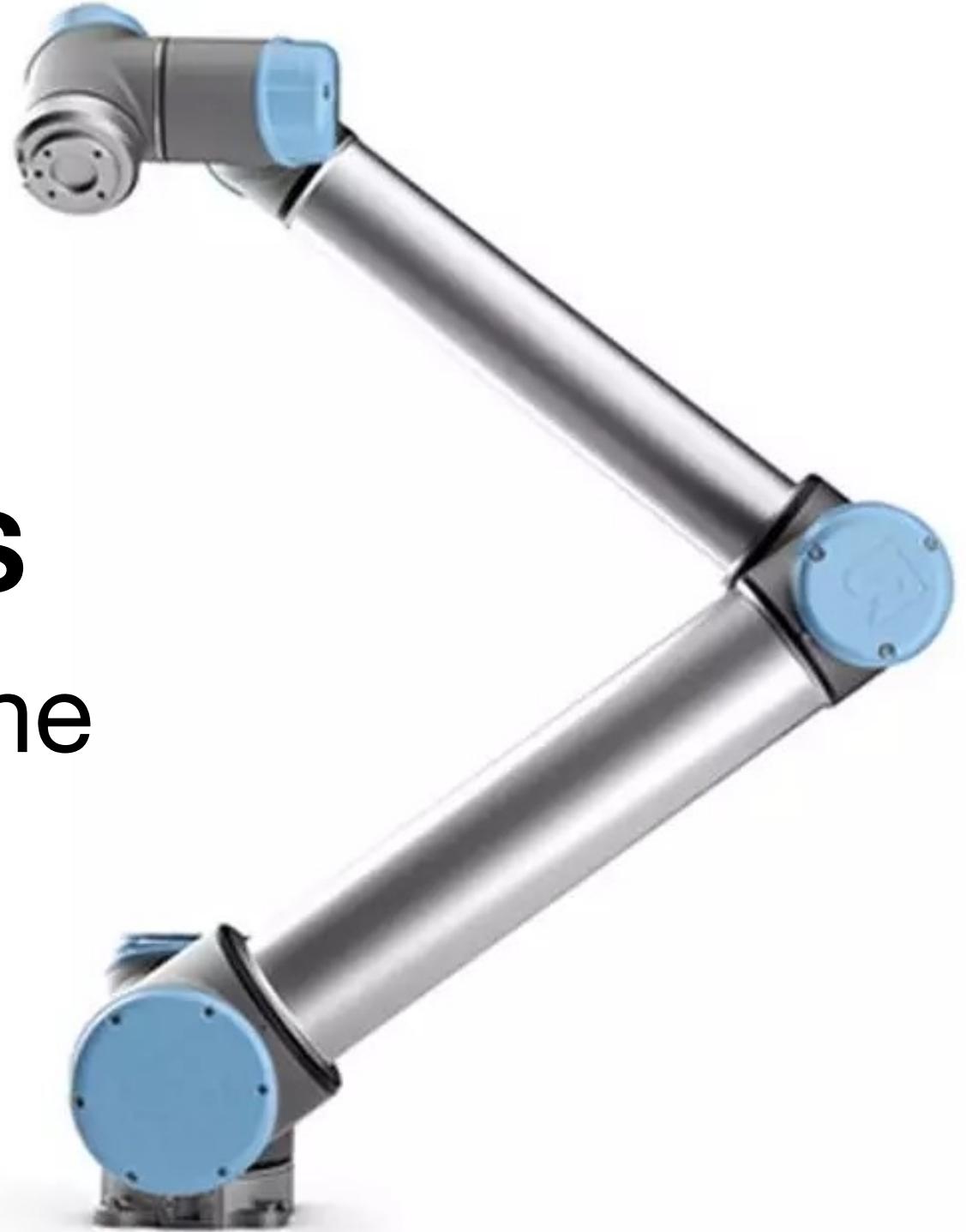


Objectifs :

- Études sur les **représentations neurales**
- Modélisation de scènes statiques et dynamiques grâce au **3DGS et 4DGS**
- Extension pour la modélisation de **scènes interactives**

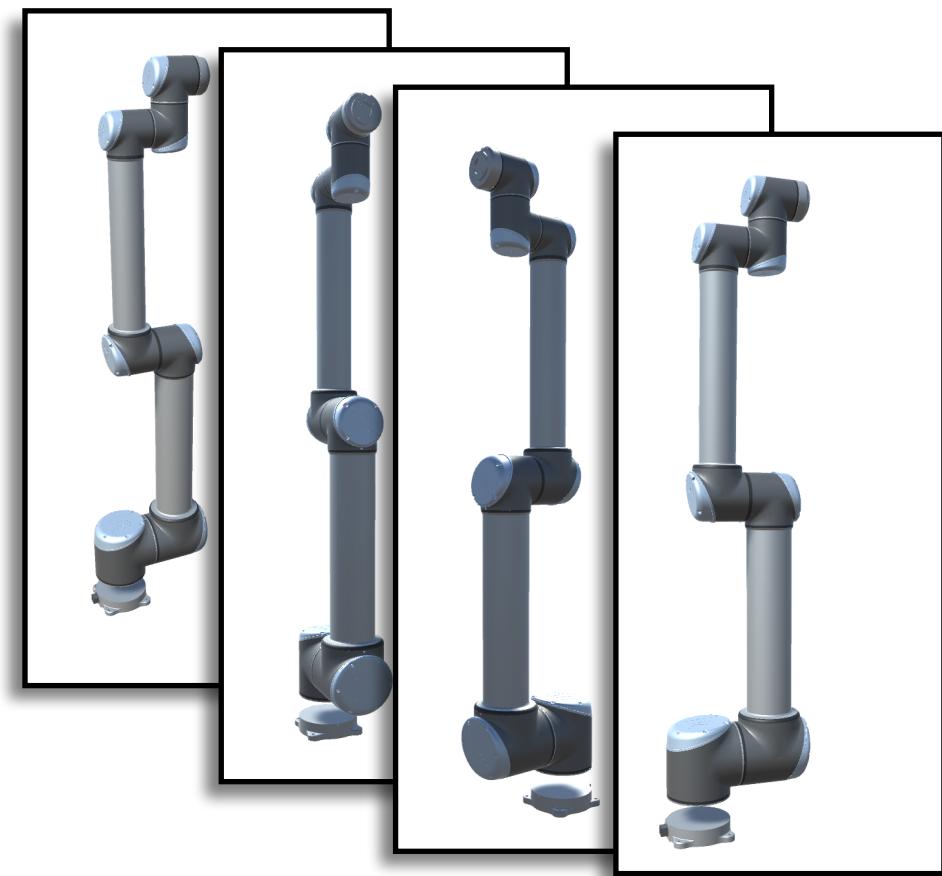
Plan :

1. Les principes du **3DGS**
2. Le **4DGS** et l'ajout d'une dimension temporelle
3. Le **3DGS interactif**
 - 3.1. Données utilisées
 - 3.2. Présentation des méthodes implémentés

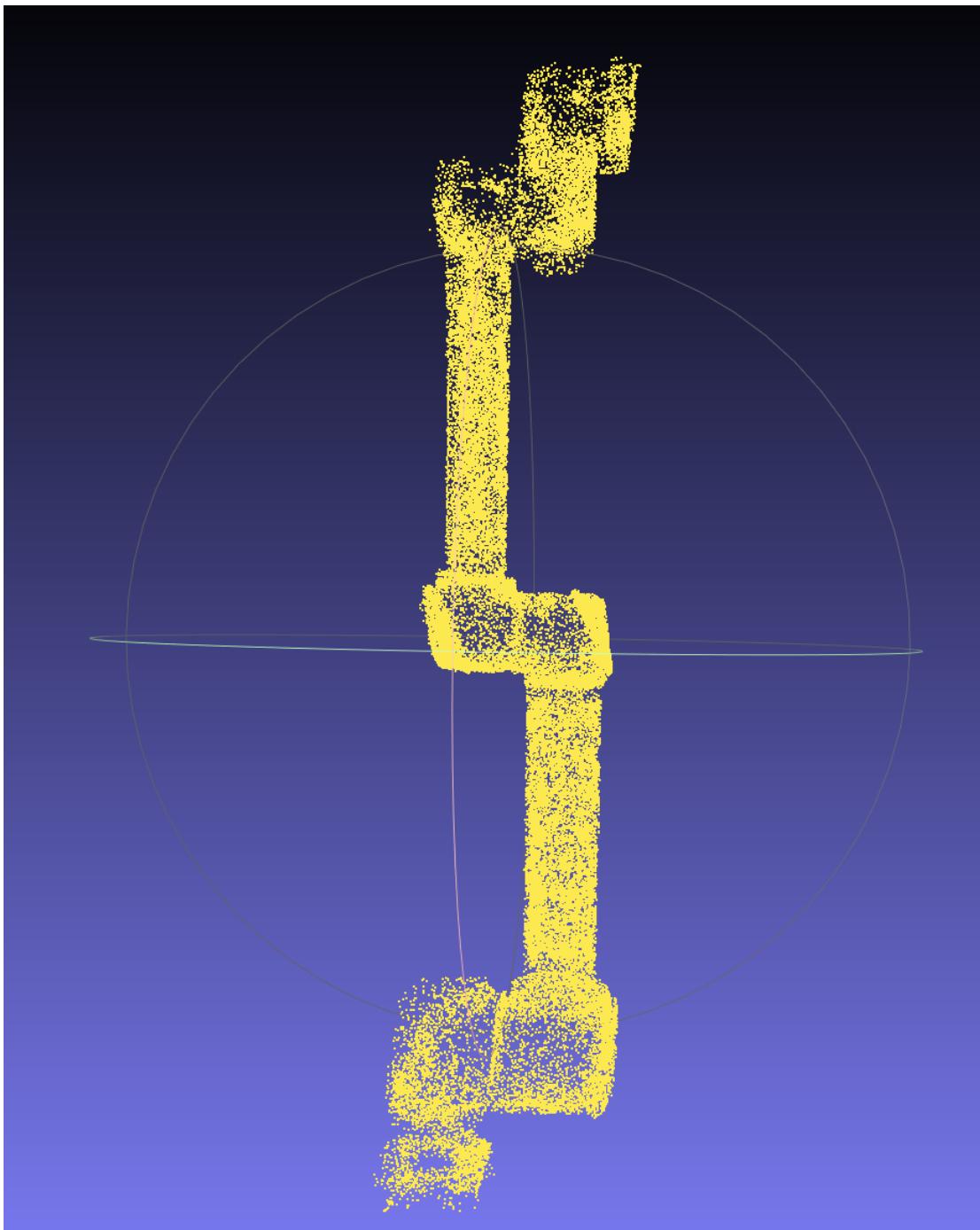


1. 3D Gaussian Splatting

**Différentes
observations
d'une scène
statique**



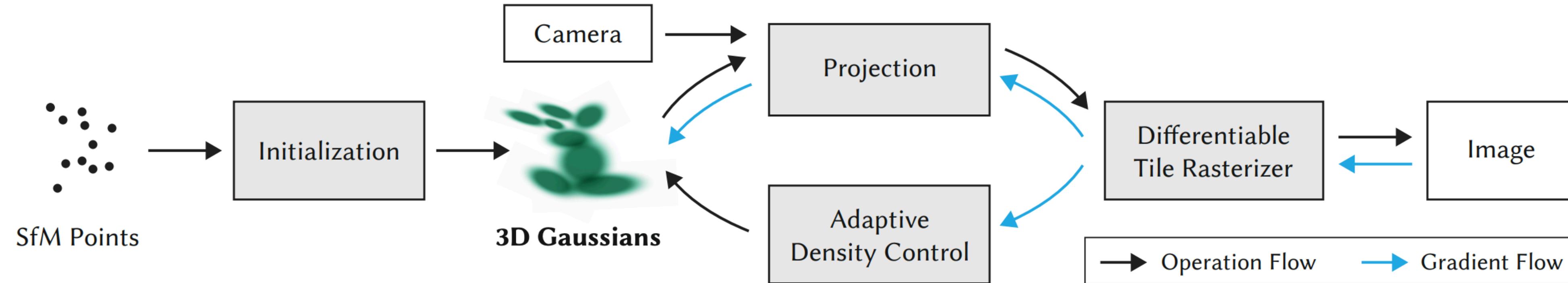
Nuage de points



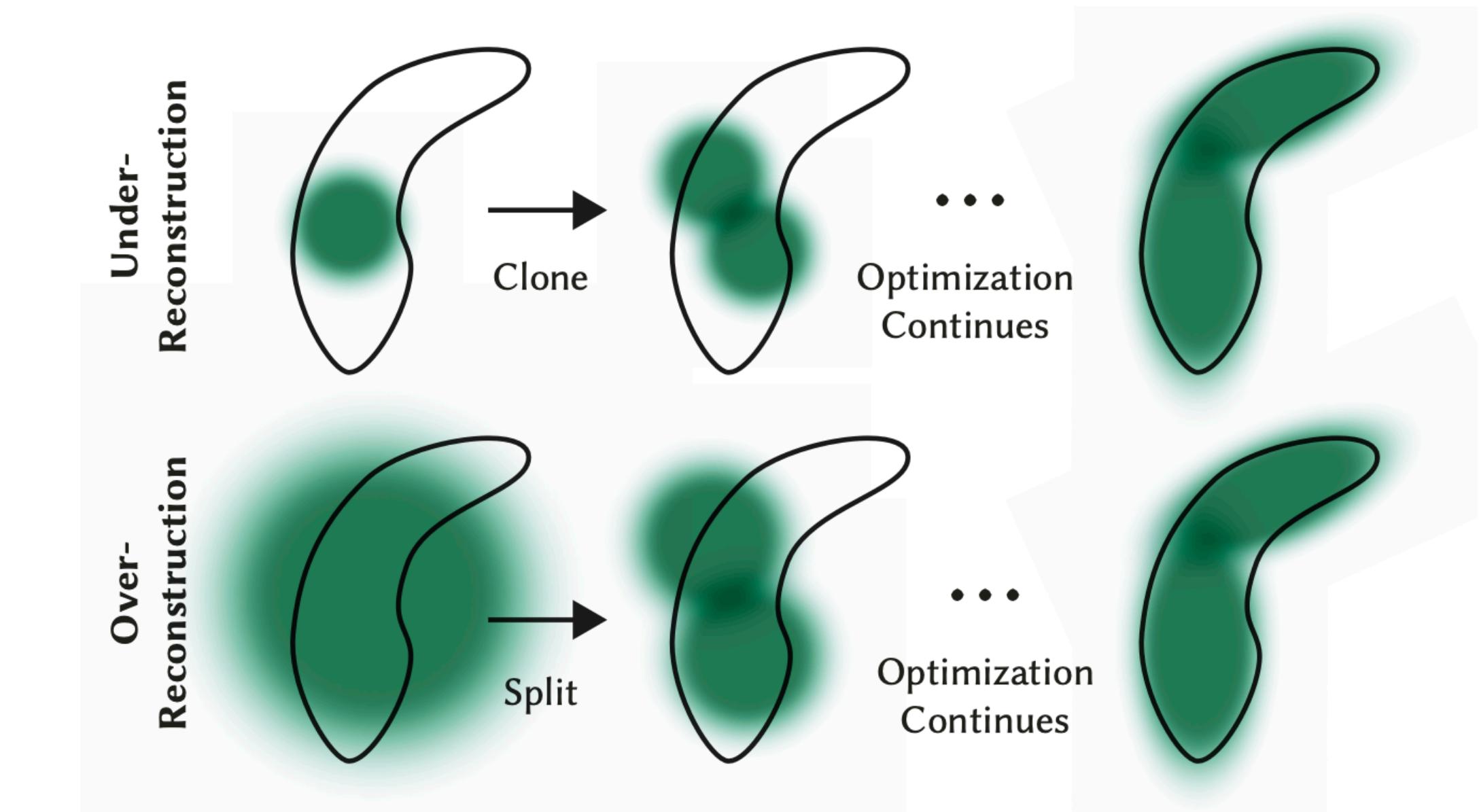
▼ Metrics
30.05 (33.28 ms)



1. 3D Gaussian Splatting

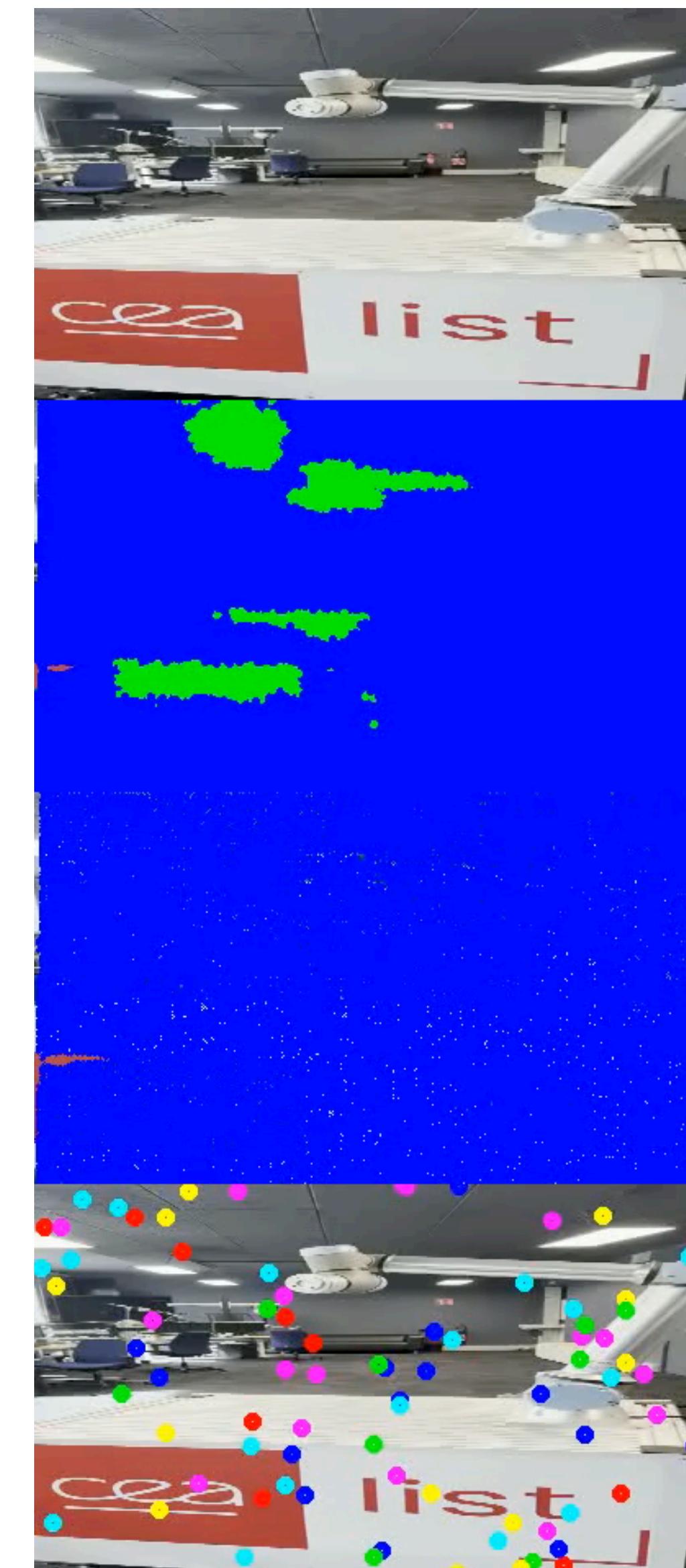
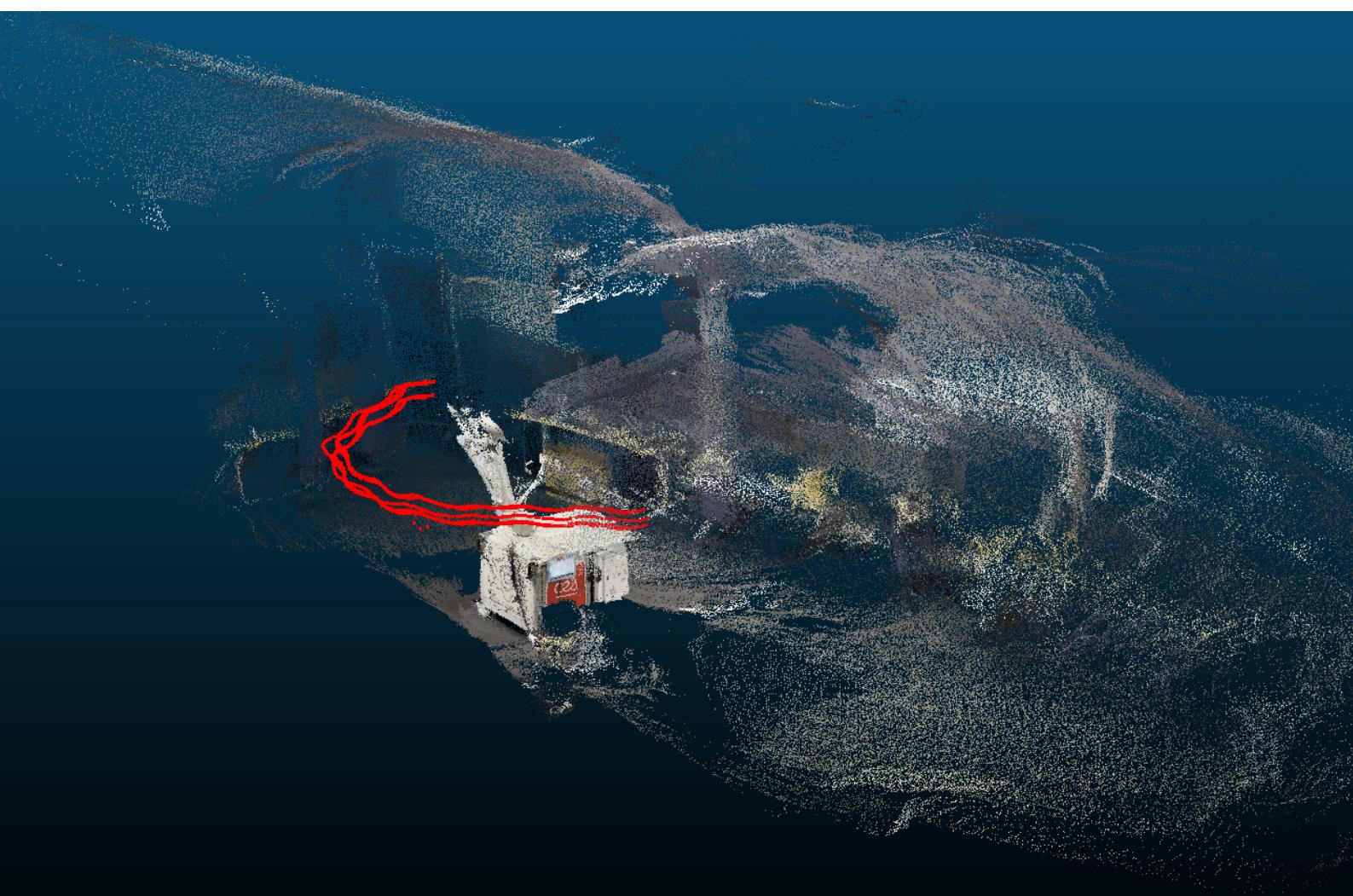


- Rendu Volumique **Différentiable**
- Descente de gradient stochastique sur les paramètres des gaussiennes
- Densification et suppression toutes les 300 itérations
- Caractérisés par un ensemble de paramètres optimisables:
 (μ, c, q, s, α)



2. 4D Gaussian Splatting

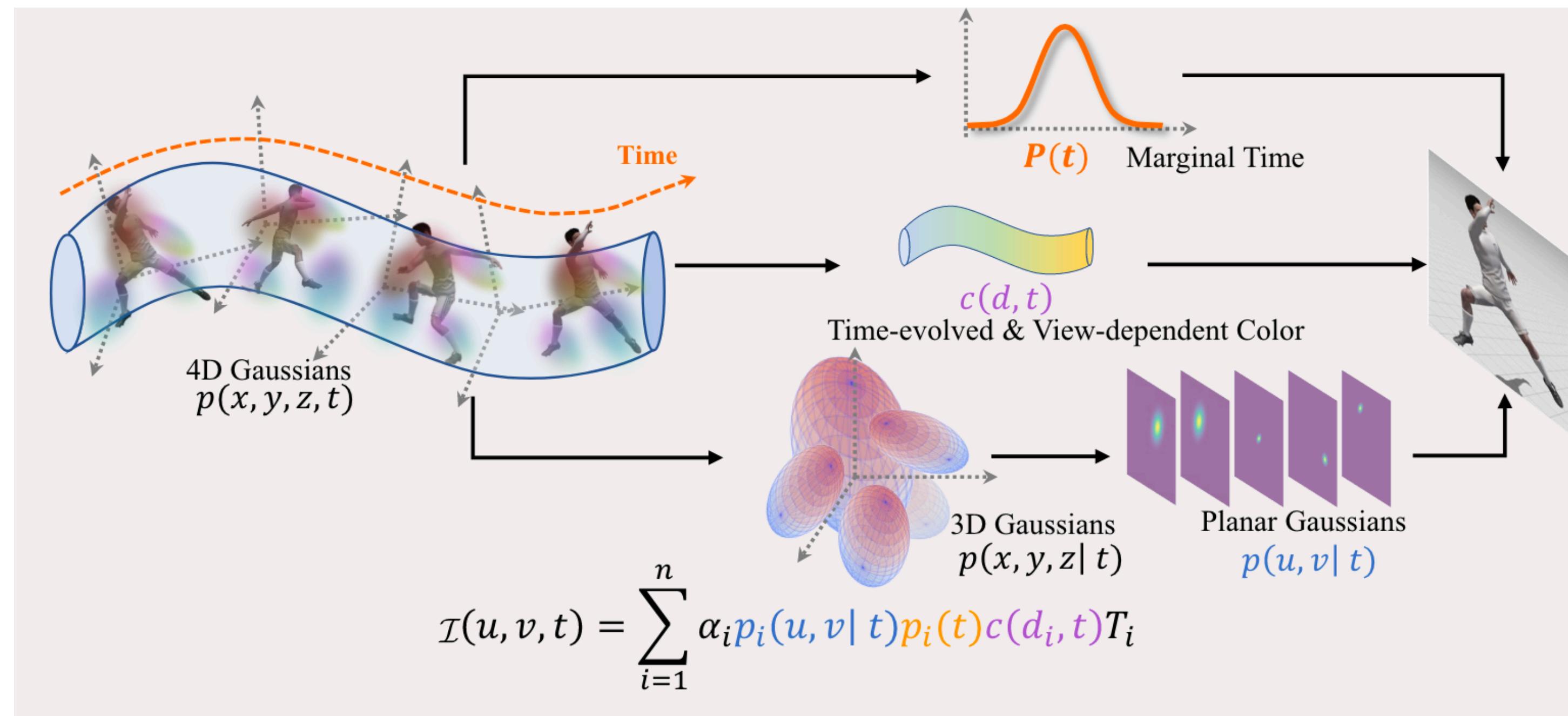
- Objets articulés non déformables
- Vidéo Volumique avec reconstruction temporelle
- Utilisation de **ParticleSfM** pour l'estimation des paramètres des caméras dans une **scène dynamique**
- **Classification des objets en mouvements** puis SfM classique



2. 4D Gaussian Splatting

- Optimisation d'une **structure 4D**
- Dépendance du temps de l' **intégralité des paramètres**
- **Extension des harmoniques sphériques** par ajout d'une base 1D

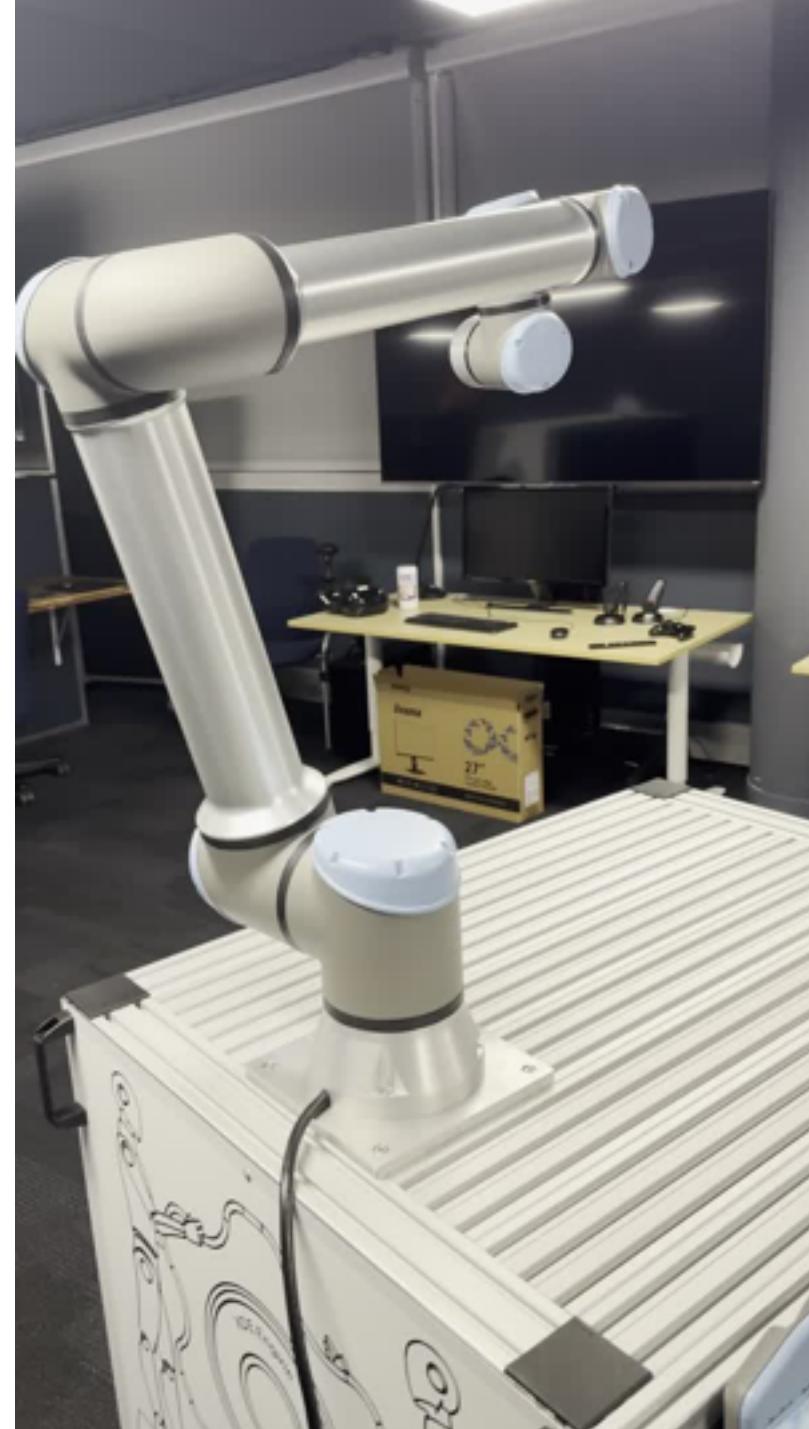
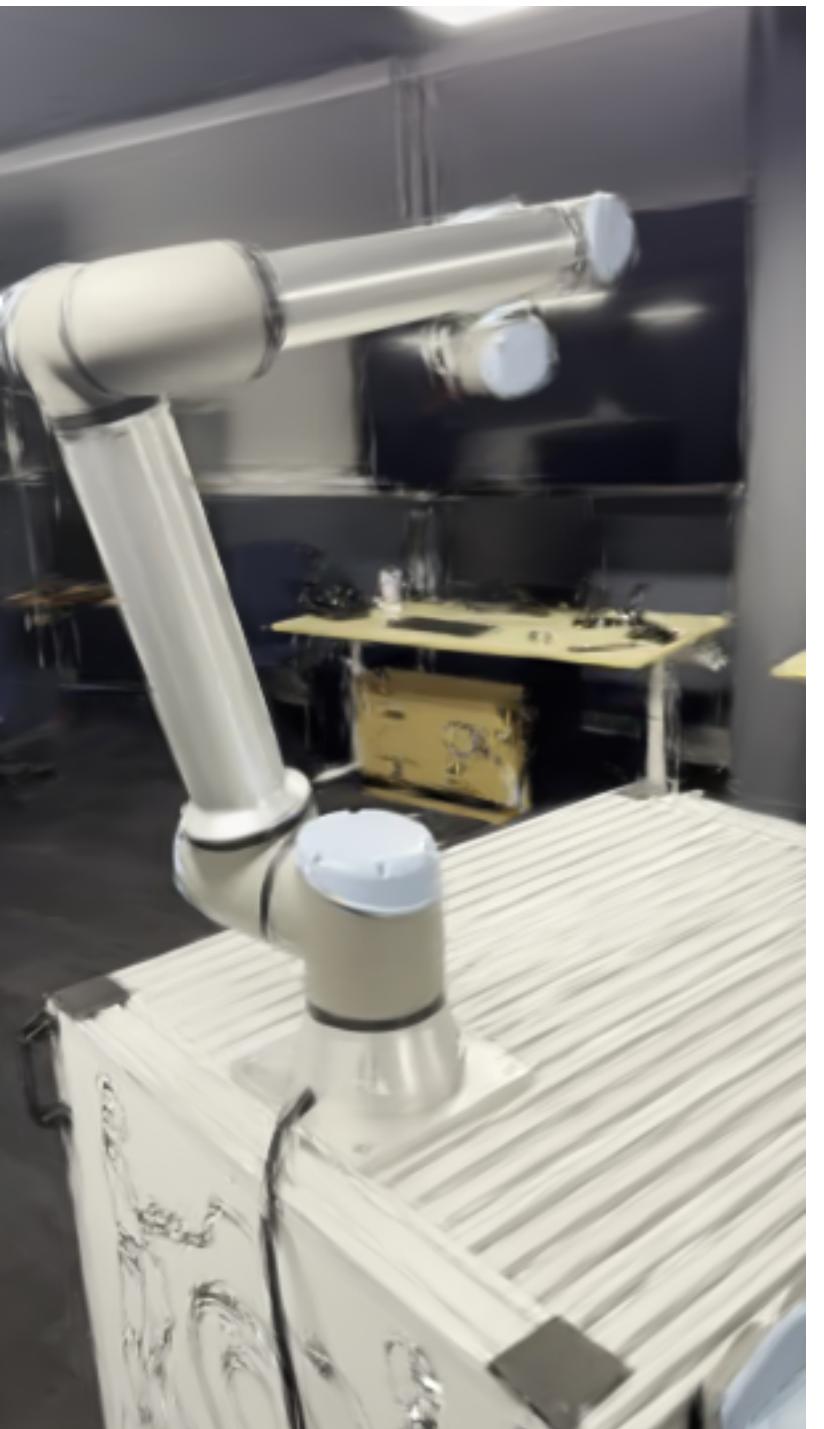
$$Z_{nl}^m(t, \theta, \phi) = \cos\left(\frac{2\pi n}{T}t\right) Y_l^m(\theta, \phi)$$



2. 4D Gaussian Splatting

Entraînement de **7h30**
(A100 80GB)

PSNR de **42** pour des poses **connues**, **21** pour les poses **inconnues**

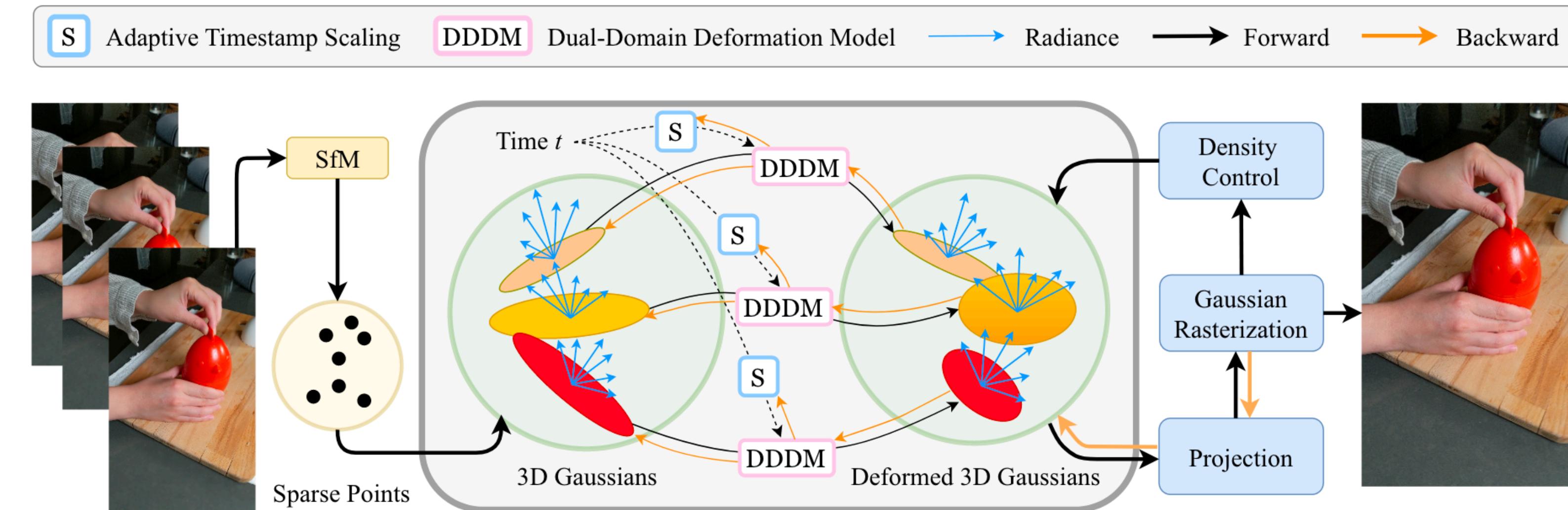


Vue inconnue

Vue connue

2. 4D Gaussian Splatting - Optimisations

- Problèmes d'adaptation aux mouvements brusques
- Reconstruction à $t=0$
- Intégration de **champs de déplacement** (DDDM)
- Uniquement la **position, la couleur et l'orientation** dépendent du temps
- Utilisation de **Rotor 4D** (jusqu'à **583fps** sur RTX 4090)



Method	Train Time ↓	PSNR ↑	SSIM ↑
LLFF [24]	-	23.2	-
DyNeRF [18]	1344 hours	29.6	0.96
NeRFPlayer [32]	5.5 hours	30.7	-
K-Planes [8]	1.8 hours	31.6	0.96
4D-GS [35]	2 hours	31.0	0.94
Ours (30K)	22.5 min	30.5	0.97
Ours (60K)	41.8 min	32.0	0.97

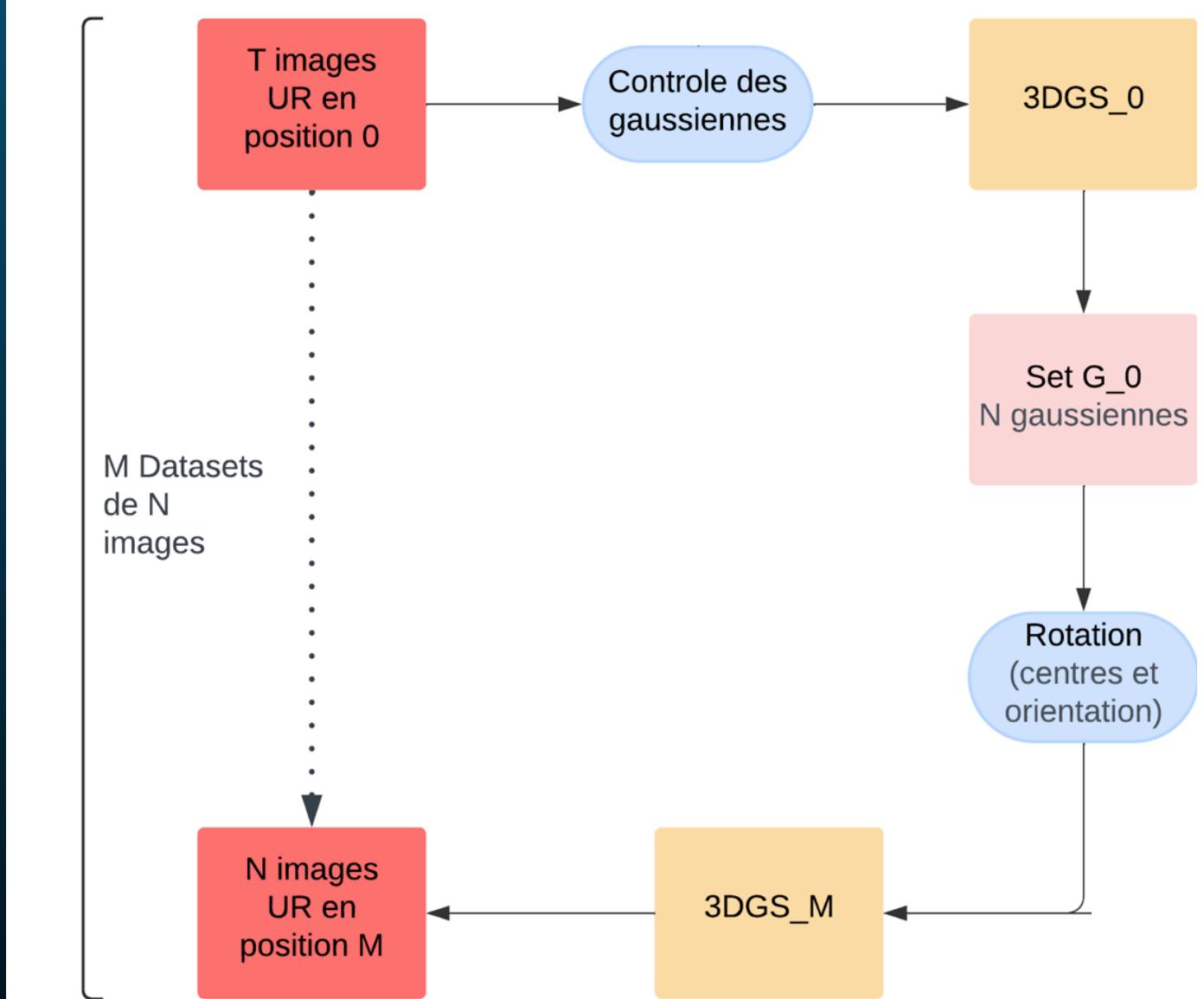
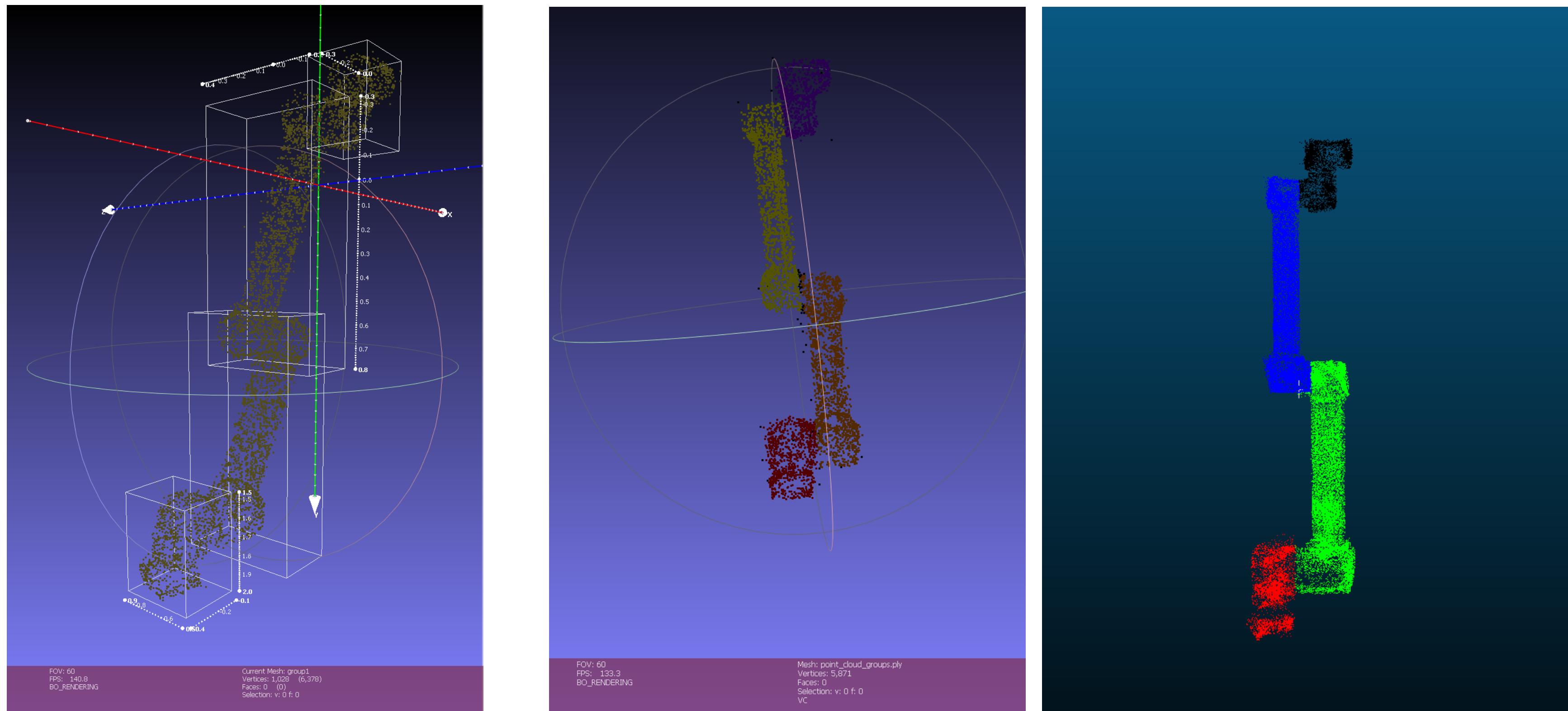
3. 3D Gaussian Splatting Interactif - Contexte

- **Pilotage d'un robot avec un visuel très réaliste**
- Modifications uniquement par des **ordres de déplacement**
- **Déplacer librement le point de vue de l'observateur**
- Un dataset par position du bras, mêmes positions des caméras

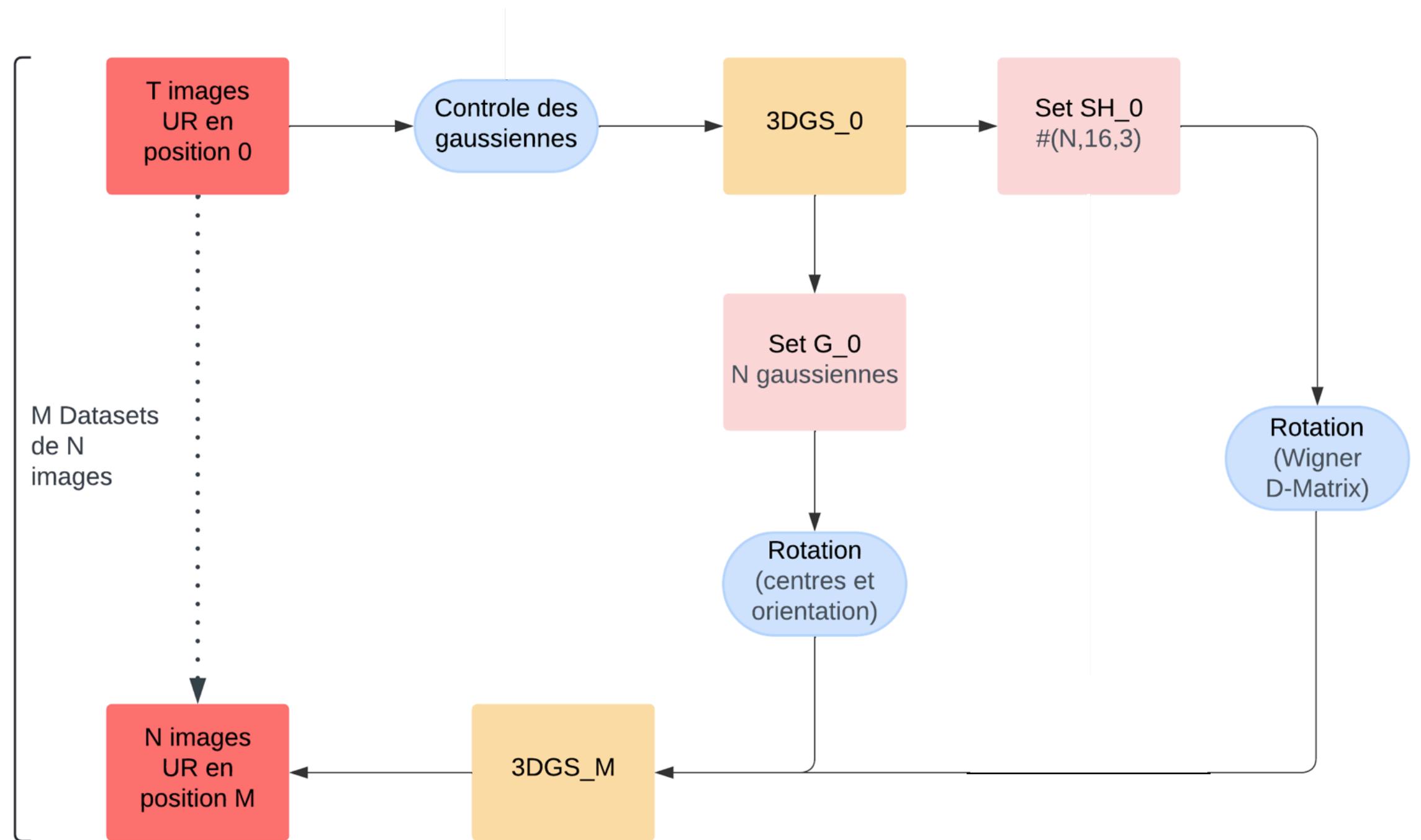


3. 3D Gaussian Splatting Interactif - Contexte

- **Corps rigides:** possibilité **application de transformées** (translations, rotations) aux parties de l'UR
- **Segmentation** nécessaire

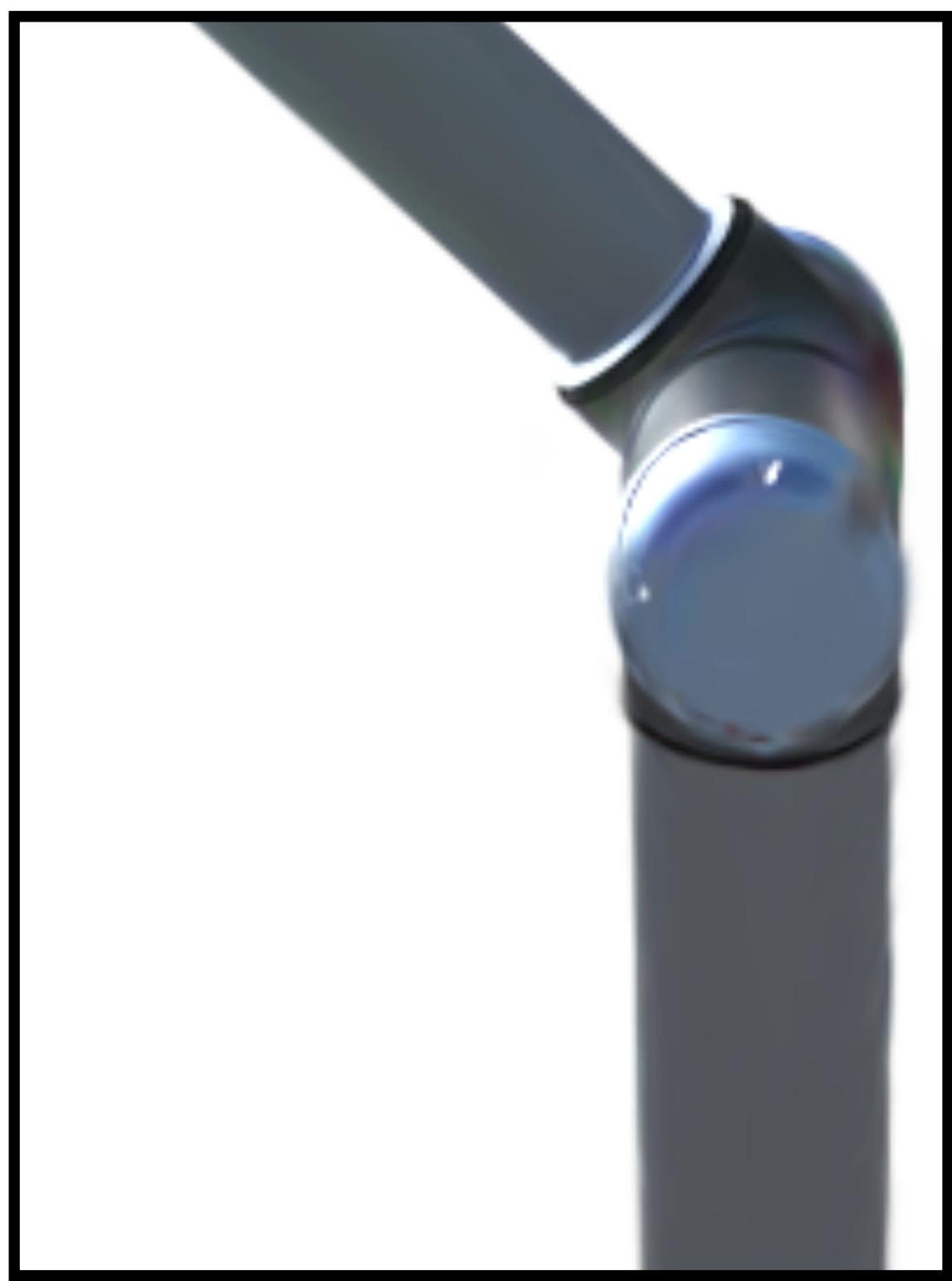


3. 3D Gaussian Splatting Interactif - Méthode 1



Rotation de la **base des harmoniques sphériques** avec une **matrice D de Wigner**

$$D_{m'm}^l(\alpha, \beta, \gamma) = e^{-im'\alpha} d_{m'm}^j(\beta) e^{-im\gamma}$$



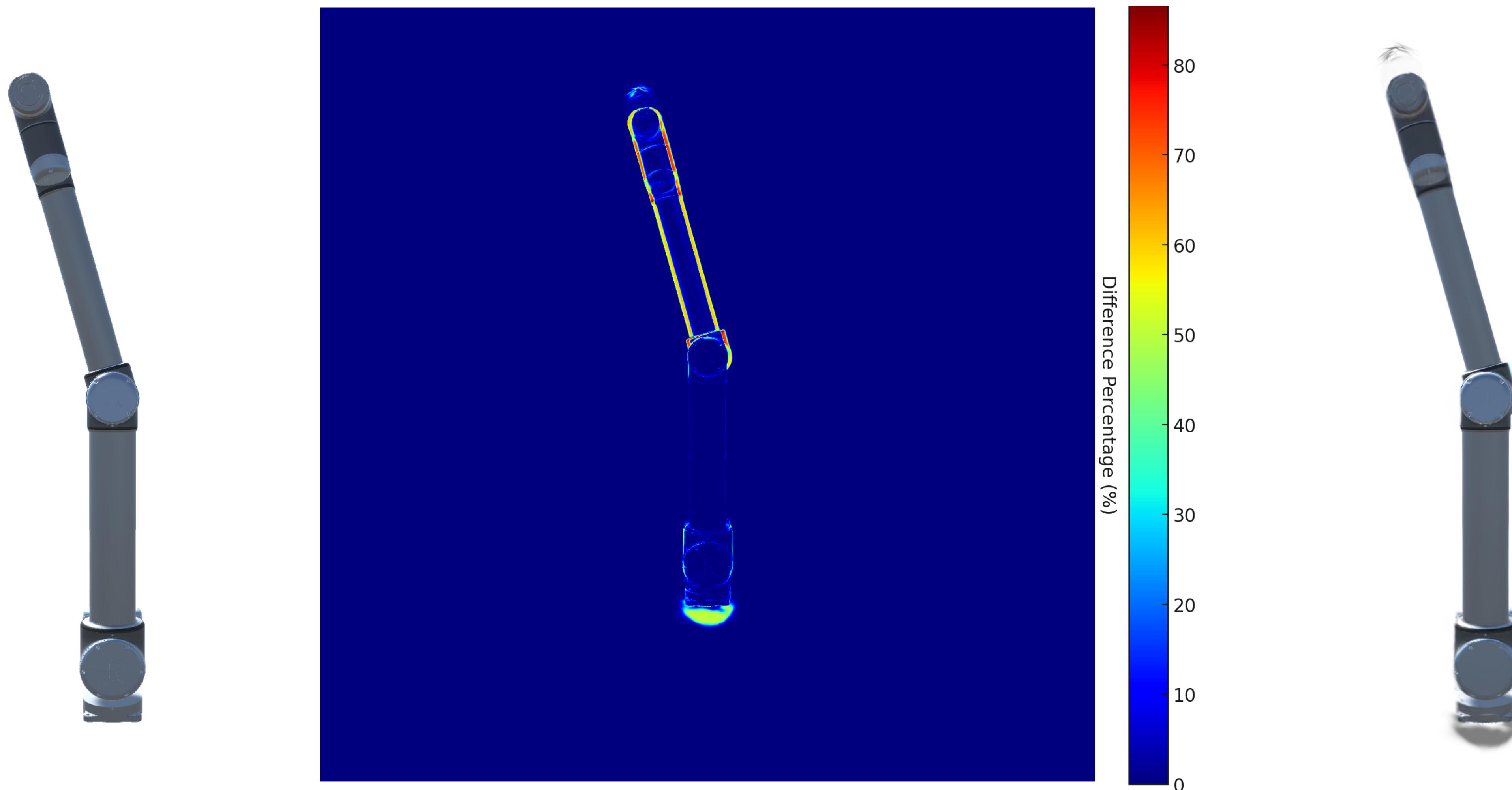
Avec Transformation des SH

Sans Transformation des SH

Approximation on SO(3) by Wigner D-Matrix and applications (Shen et al.)

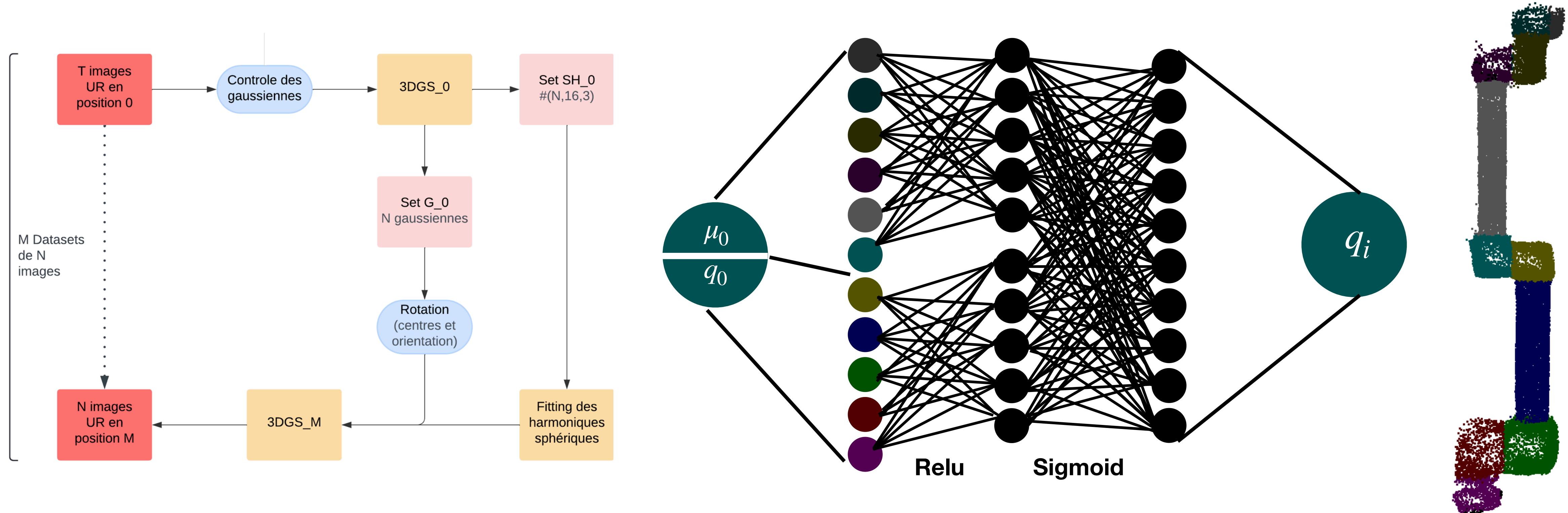
Rotation and Angular Moments in Quantum Mechanics (Wiele et al.)

3. 3D Gaussian Splatting Interactif - Méthode 1



Temps d'inférence de **0.089s**

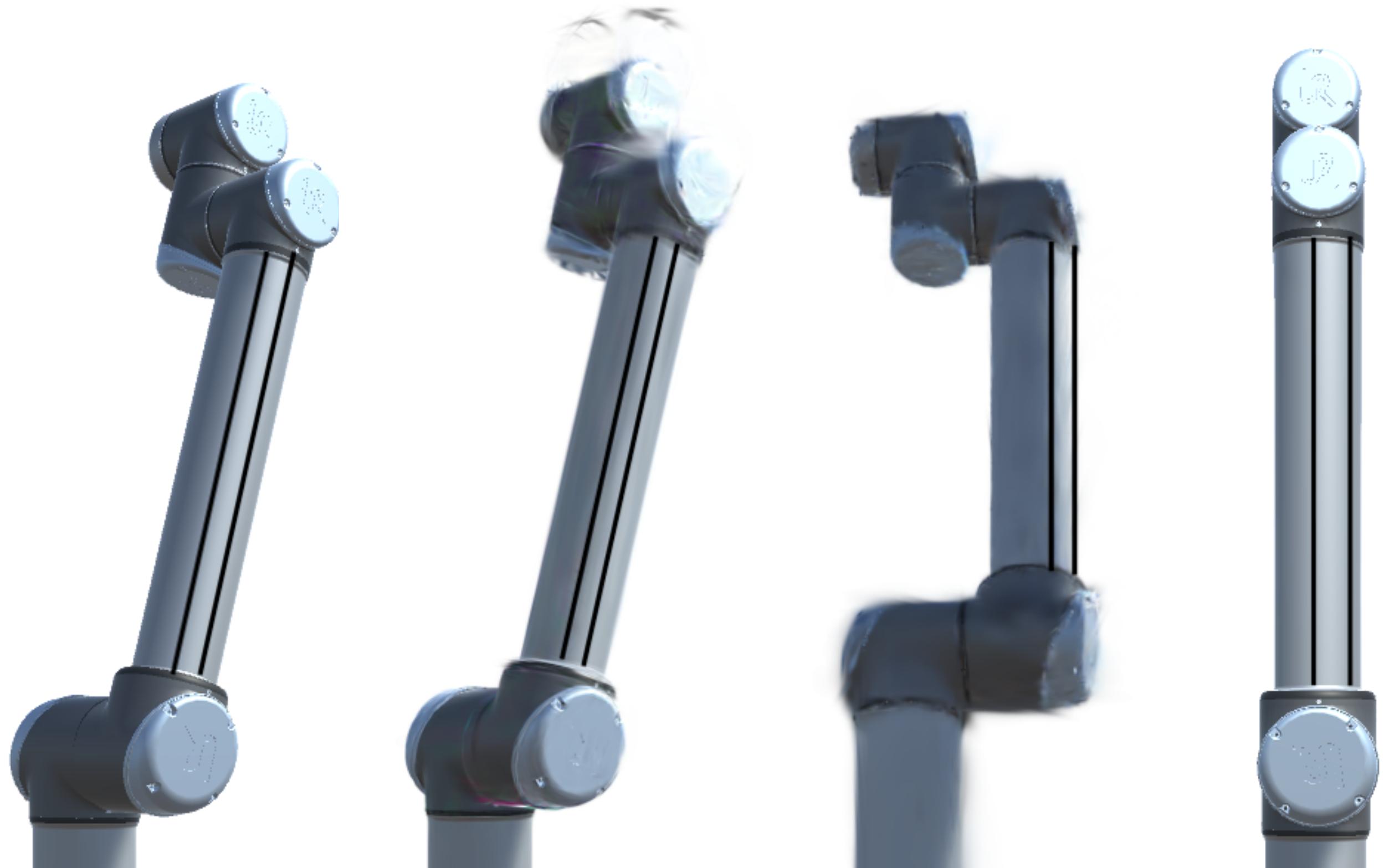
3. 3D Gaussian Splatting Interactif - Méthode 2



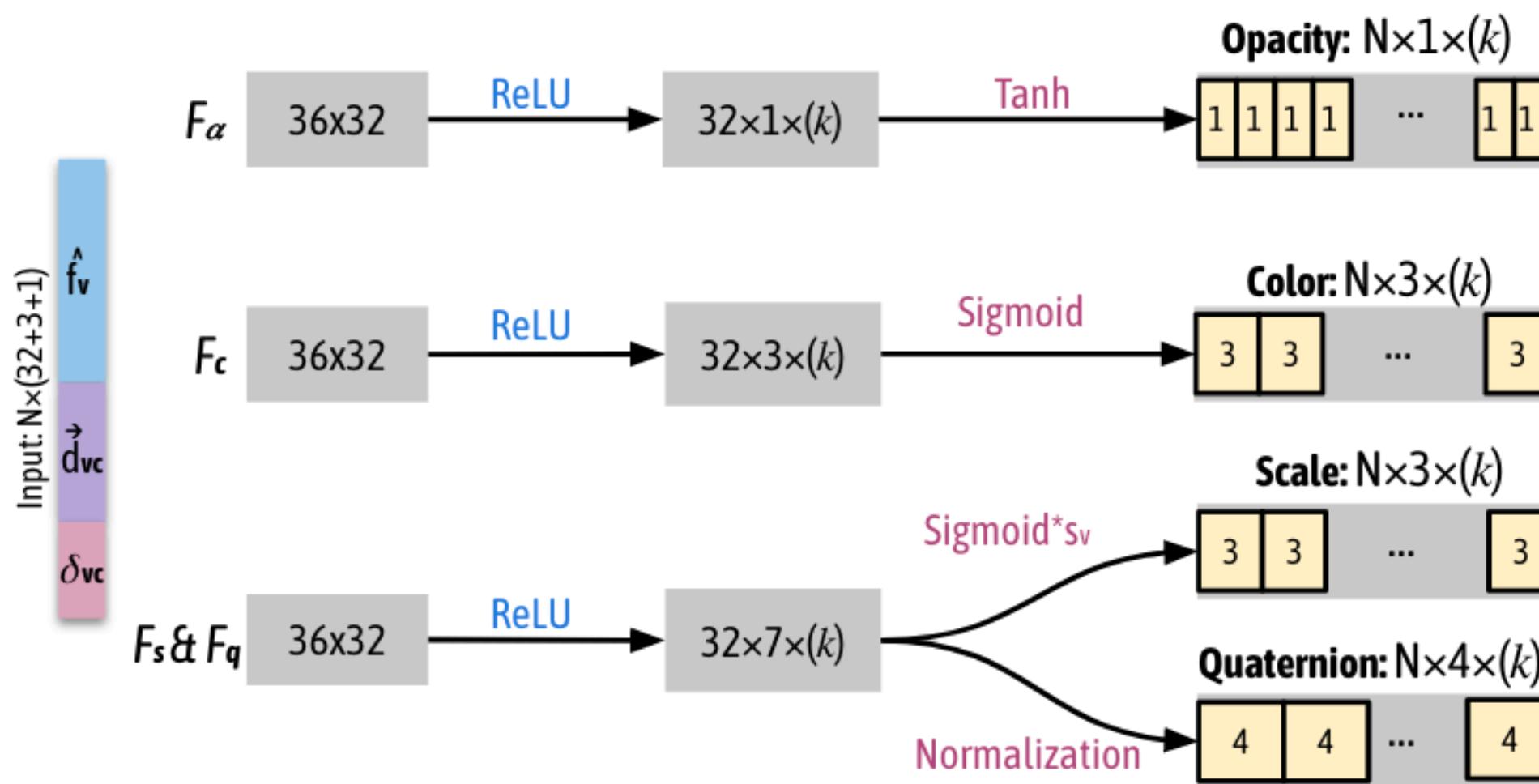
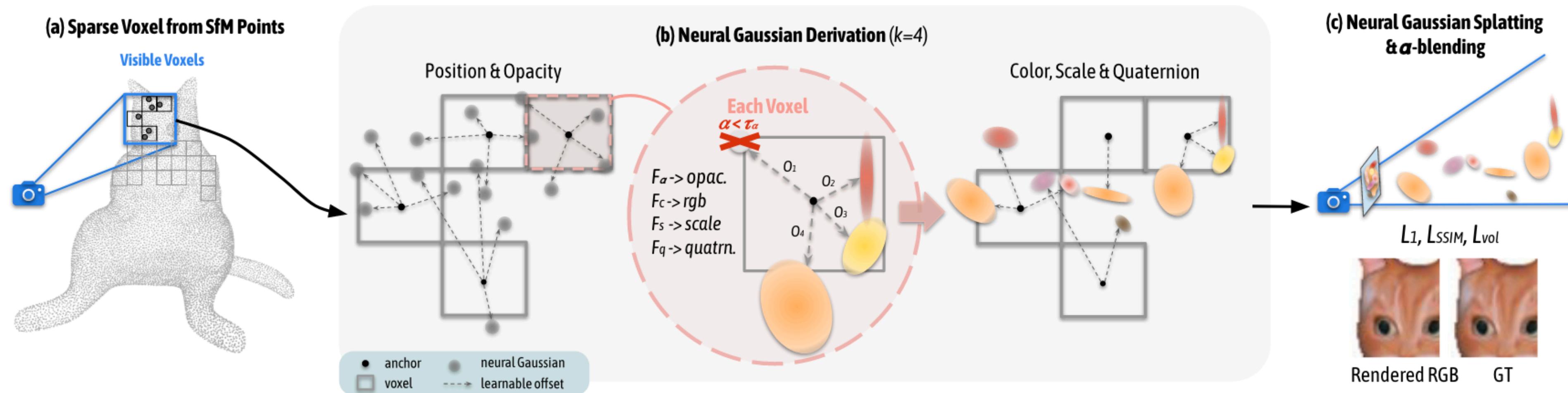
- **MLP pour la transformation des Harmoniques Sphériques**
- **3 Couches Dense Interconnectées**

3. 3D Gaussian Splatting Interactif - Méthode 2

- Résultats probants (PSNR de **28.6** sur les données d'entraînement)
- **Déplacement** de la tâche spéculaire
- Temps d'entraînement trop long (~20h)
- **MLP plus grand** pour permettre une généralisation
- **Réduction de dimension** des entrées impossible (ni PCA ni CNN)



3. 3D Gaussian Splatting Interactif - Méthode 3

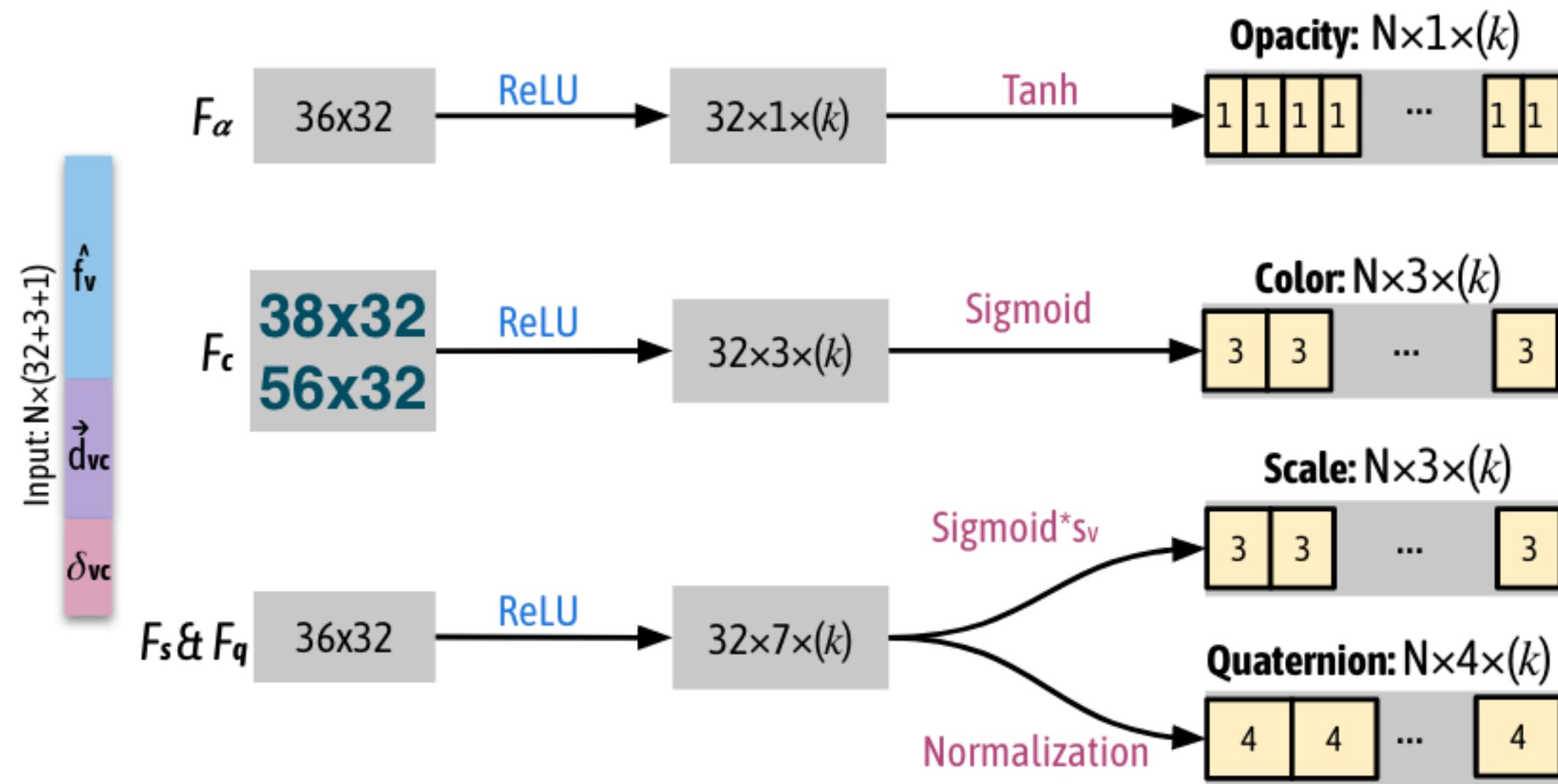


$$\{\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_{k-1}\} = \mathbf{x}_v + \{\mathcal{O}_0, \mathcal{O}_1, \dots, \mathcal{O}_{k-1}\} \cdot \mathbf{l}_v$$

$$\{w, w_1, w_2\} = \text{Softmax}(F_w(\delta_{vc}, \mathbf{d}_{vc}))$$

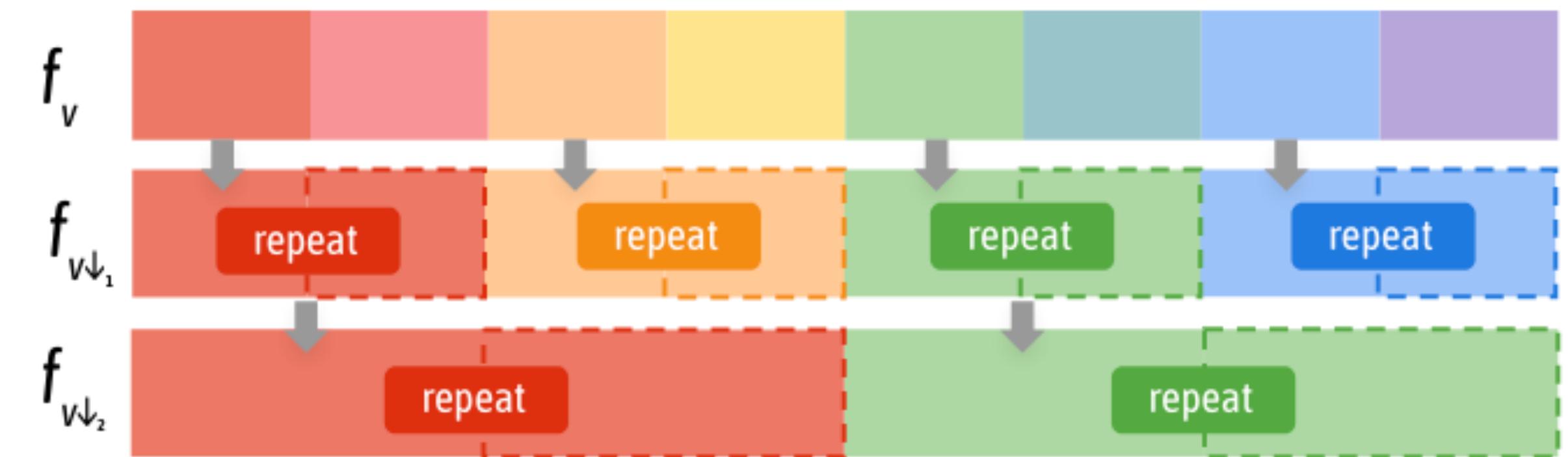
$$\hat{f}_v = w \cdot f_v + w_1 \cdot f_{v \downarrow 1} + w_2 \cdot f_{v \downarrow 2}$$

3. 3D Gaussian Splatting Interactif - Méthode 3



Banque d'informations:

$$(32, N) \rightarrow (32, N, M)$$

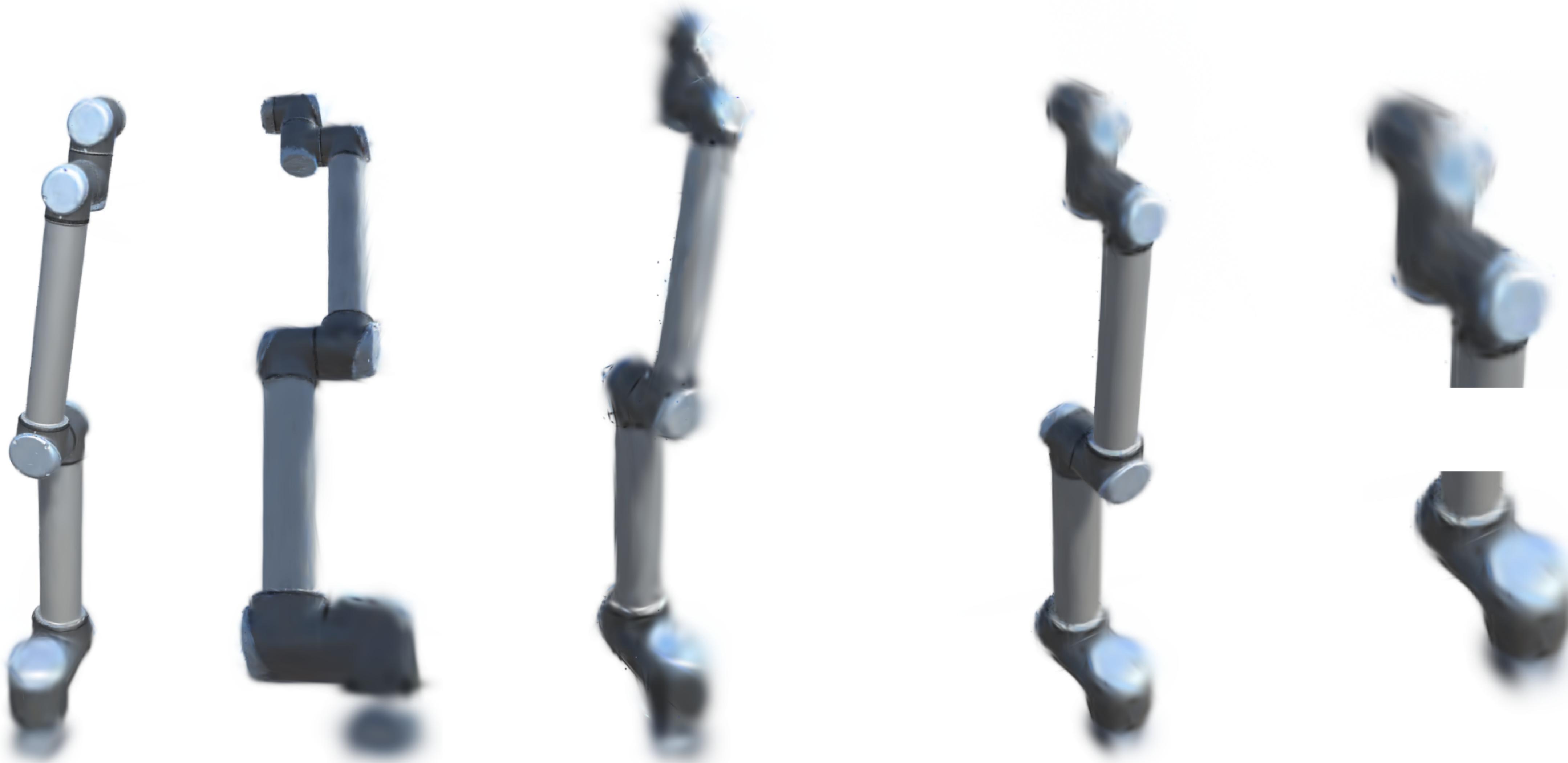


$$\{w, w_1, w_2\} = Softmax(F_w(\delta_{vc}, \mathbf{d}_{vc}, \theta))$$

$$\gamma(p) = (\sin(2^0 \pi p), \cos(2^0 \pi p), \dots, \sin(2^{L-1} \pi p), \cos(2^{L-1} \pi p))$$

$$\hat{f}_v = w \cdot f_v + w_1 \cdot f_{v \downarrow 1} + w_2 \cdot f_{v \downarrow 2}$$

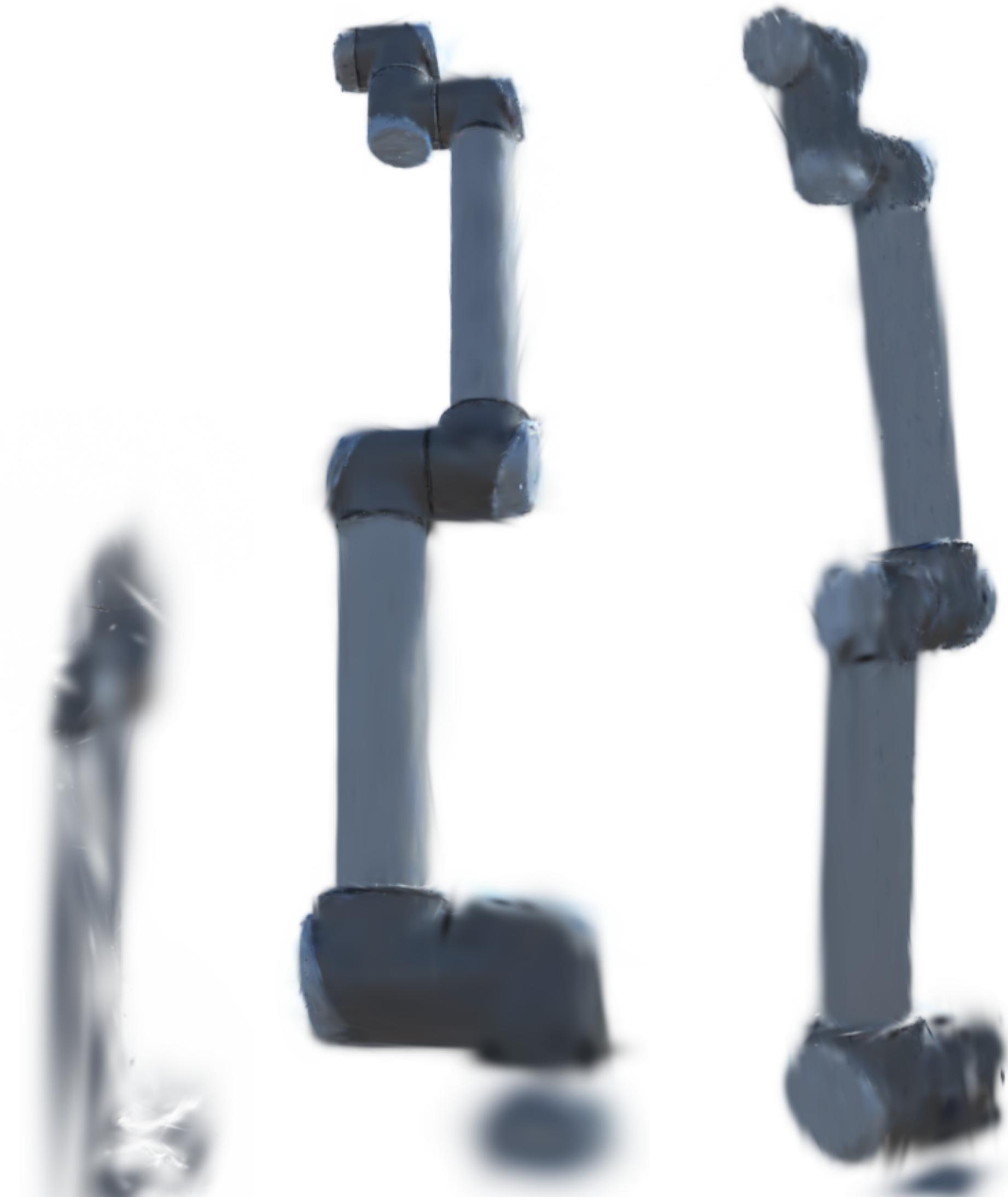
3. 3D Gaussian Splatting Interactif - Méthode 3



3. 3D Gaussian Splatting Interactif

Conclusion

- Possibilité de **changer l'orientation de la caméra** pour un angle fixé
- Pas de généralisation sur une **donnée angulaire continue**
- Résultats en inférence de qualité basse
- **Dégradation** des rendus après l'entraînement



Perspectives Générales

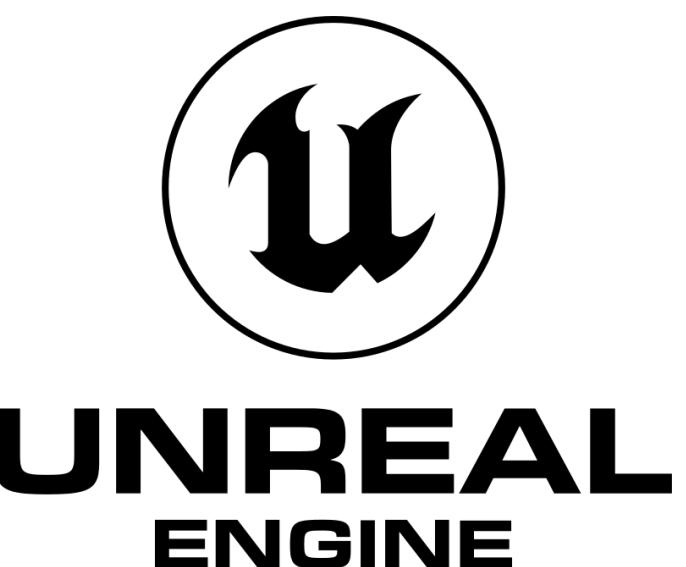
Lien direct avec **UnrealEngine**
(couplage entre CAO et 3DGS)

Automatisation des procédés

Généralisation à des captures de
la réalité de scènes complexes
(hall d'usine, atelier technique, ...)

Application de modèles multi-
physique en préservant une
apparence photoréaliste
(apparence directionnelle, reflets)

Modélisation d'imperfections,
dépôts, rayures, peinture écaillée



Merci de votre attention !

Des questions ?

Je tiens à remercier toute l'équipe
du LSI pour leur accueil
chaleureux ainsi que le soutien et
l'aide apportée, en particulier
Gilles ROUGERON, qui aura de
plus su m'aiguiller et m'accorder
sa confiance.