

Irradiance Volumes – Radiance Cascades

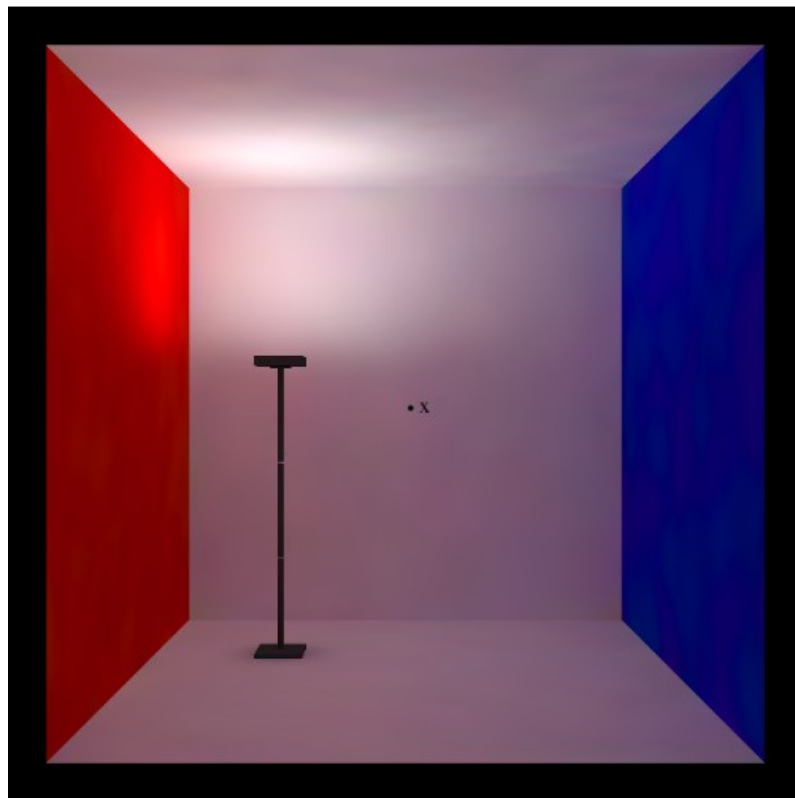
1996 - 2026

GDL

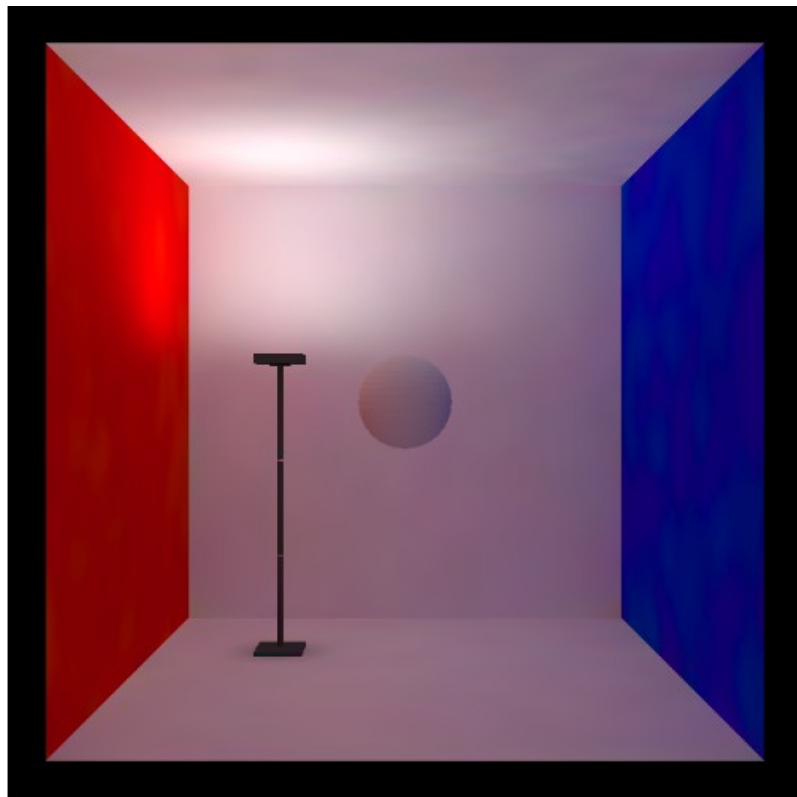
Irradiance Volumes ?

- **G. Greger, P. Shirley, P.M. Hubbard, D.P. Greenberg, 1998**
- **Représentation de la “lumière incidente” en chaque point,**
- **Discrétisation d’une fonction 5D :**
3D positions + 2D directions

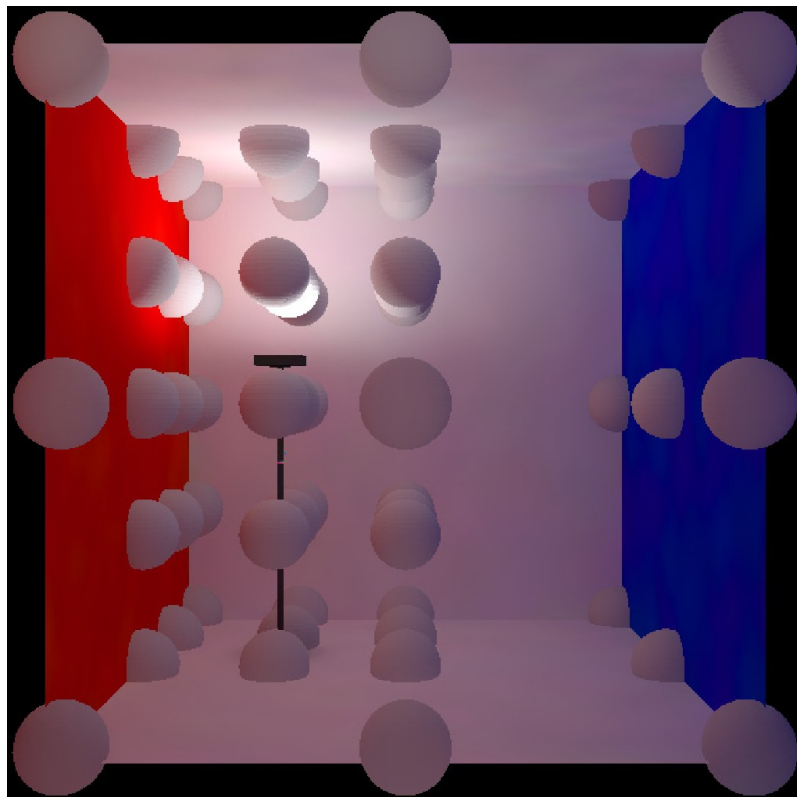
Irradiance Volume



Irradiance Volume



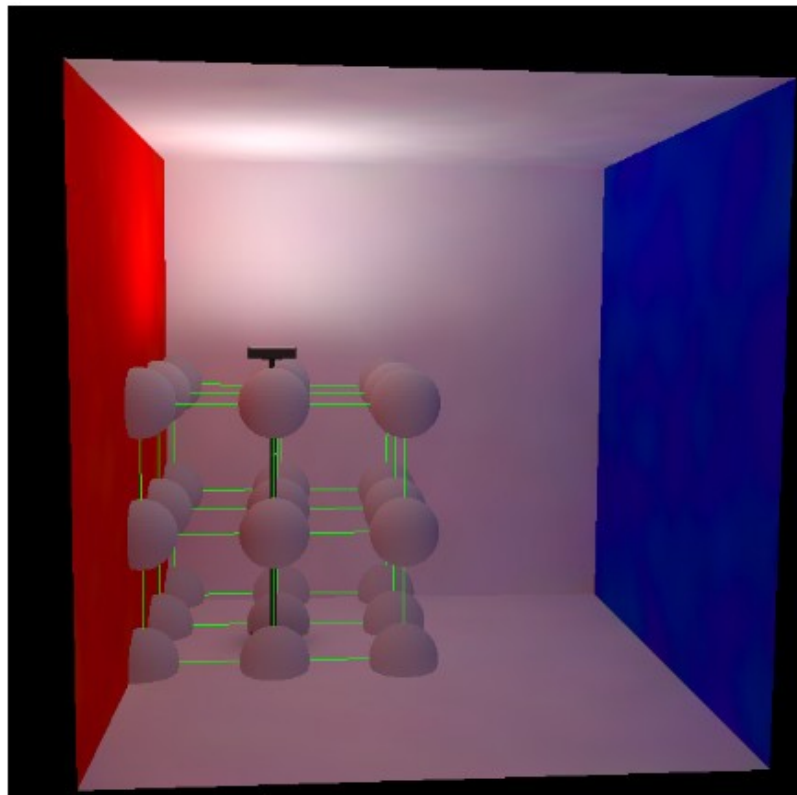
Irradiance Volume



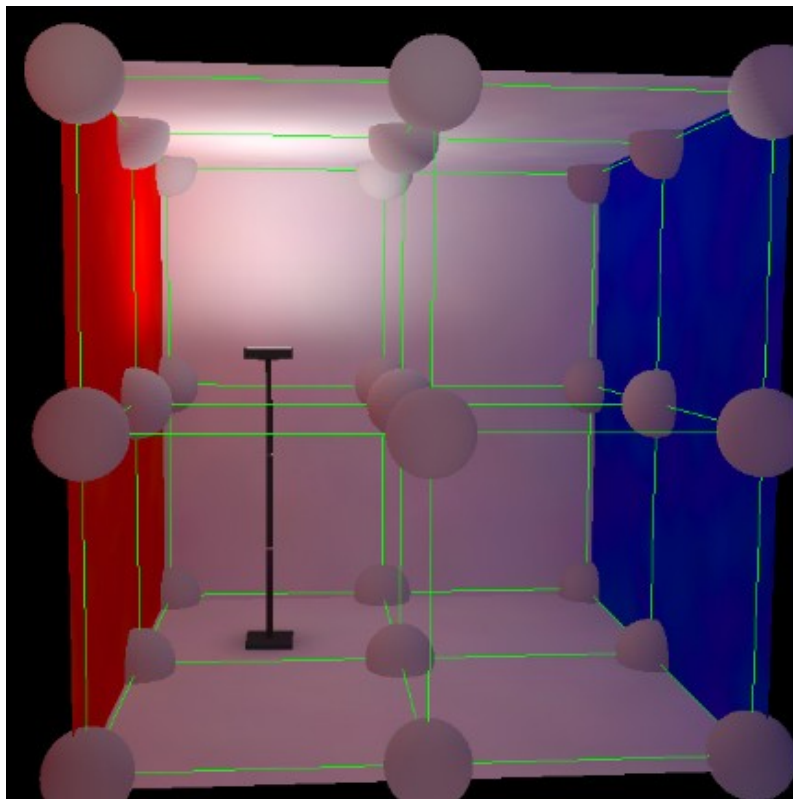
Interpolation / Reconstruction

- **Comment utiliser les probes précalculés pour reconstruire la luminance incidente en chaque point ?**
- **Et calculer la luminance réfléchie ?**
- **Interpolation des 8 probes les plus proches ?**

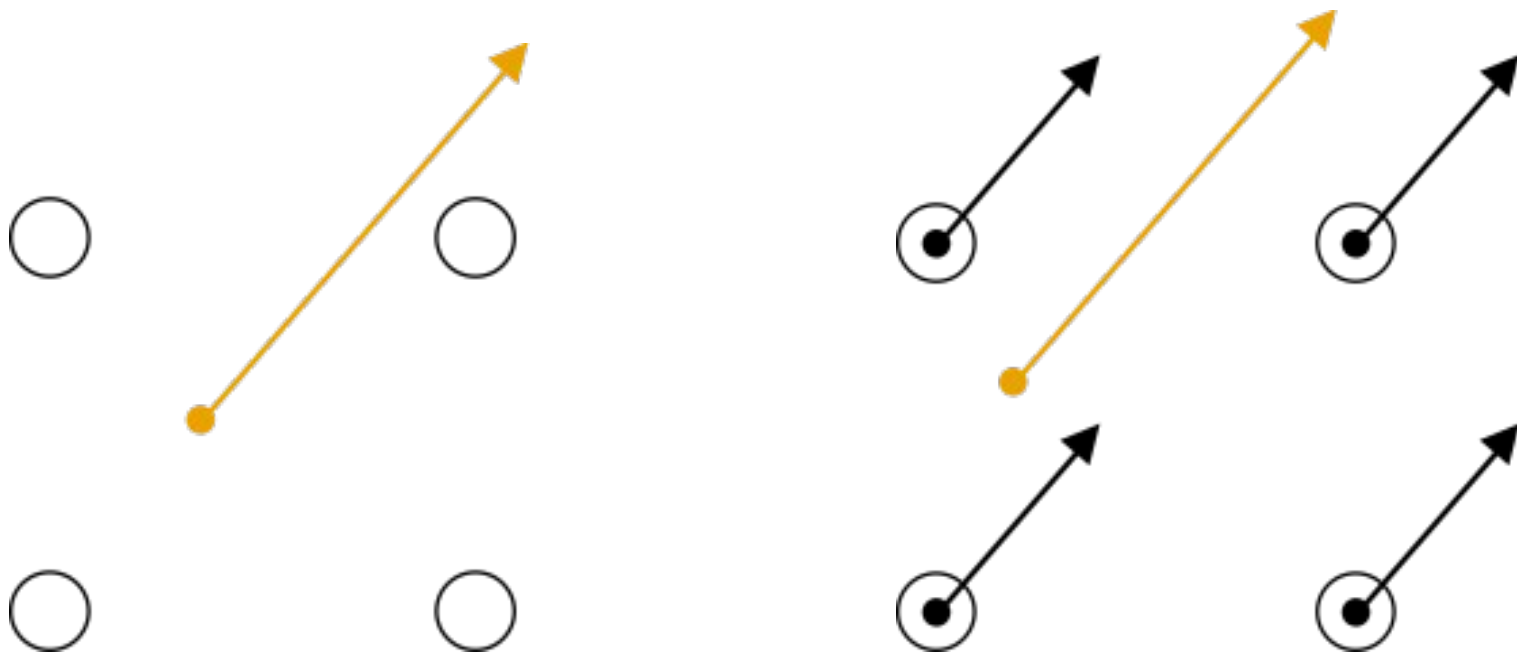
Irradiance Volume



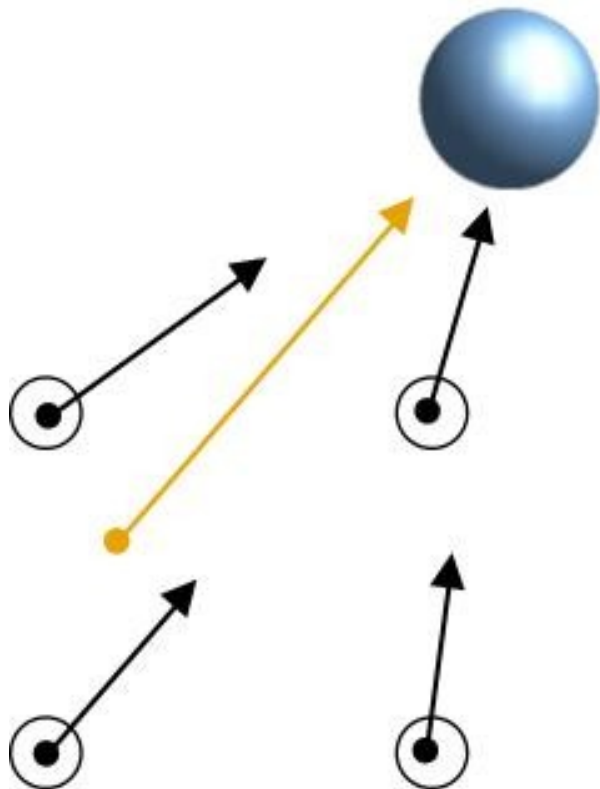
Irradiance Volume



Interpolation / Reconstruction



Interpolation / Reconstruction



Interpolation / Reconstruction

- **En 1996 : scène statique + précalcul + interpolation**
- **Depuis ~2010 : scène dynamique + mise à jour partielle des probes en temps réel + interpolation**

Et hop, ça marche ? Ou pas...

	Previous Approaches	Light-field probes	DDGI	This work
	[Martin and Einarsson 2010] [Ritschel et al. 2009] [McAuley 2012] [Hooker 2016] [Stefanov 2016]	[McGuire et al. 2017] [Wang et al. 2019]	[Majercik et al. 2019]	
Spatial Organization	3D grid, with manually placed probes and box proxies, algorithmically precomputed probe locations	3D grid, $4 \times 4 \times 4$ probes [2017] Non-uniform automatic placement over static geometry [2019]	3D grid, varying resolutions	3D grid with offsets, multiple volumes, tracking windows
Encoding	Cube maps	Octahedral encoding [Cigolle et al. 2014], 1024×1024	Octahedral, varying resolutions	Octahedral, 8×8 irradiance, 16×16 visibility
Initialization	Precomputed	Static, precomputed	Uniform initialization to 0, value converges with update	Classified into states based on update rate, converge “live” probes
Update	Static. Dynamic lighting, static geo [Stefanov 2016]	Static, precomputed	Ray trace with alpha blending, pixel shader with stencil buffer	Ray trace with dynamic alpha blending (convergence and perception), Optimized convolution compute shader
Query	Shading weights based on manually placed proxy geometry	Light field ray tracing using probes	Raster for direct lighting. Use world-space positions to query 8 probe cage with variance bias, Chebyshev bias, loads of bias terms	Previous probe sampling + single bias term (self-shadow bias), multivolume blending, primary hit glossy raycast + second-order glossy reflection sampled from probes

Table 2. Evolution of probe-based GI showing spatial organization, encoding, initialization, update, and query for the GI computation.

Et hop, ça marche ? Ou pas...

- **Unity** 2022 : 145 pages...
- Unreal 5 / **Lumen** 2022 : 199 pages...
+ >100 pages sur le lancer de rayons...
- Ubisoft **"Assassin Creed Shadow"** 2025 : 145 pages...

Et hop ?

- La discrétisation spatiale et directionnelle, n'est pas très bien définie (quelle résolution ?),
- L'interpolation n'est pas très bien définie,
- L'interpolation entre les niveaux de la hiérarchie n'est pas très bien définie non plus...
- Les derniers travaux stockent aussi la distance en plus d'une couleur, **DDGI** ou la version **nvidia**...

Autre chose ?

Autre chose ?

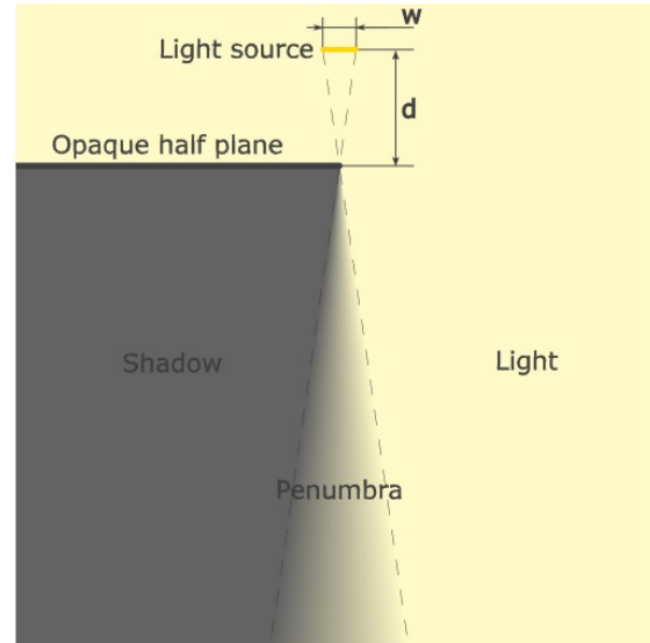
- **Path of Exile 2, 2023...**
- **"Radiance Cascade" 2024, Alexander Sannikov**
- **3D + 2D,**
- **2D + 1D,**
- **2D + 2D,**
- **Interpolable !**

Radiance Cascade

- **Discrétisation ?**
- **2 extrêmes : AO + envmap, et entre les deux ?**
- **Lumen (par exemple) utilise :
AO par pixel + probe par pixel + probes moins denses dans le monde + envmap = 4 niveaux**
- **Et les autres ? Quelle précision ?**

Radiance Cascade

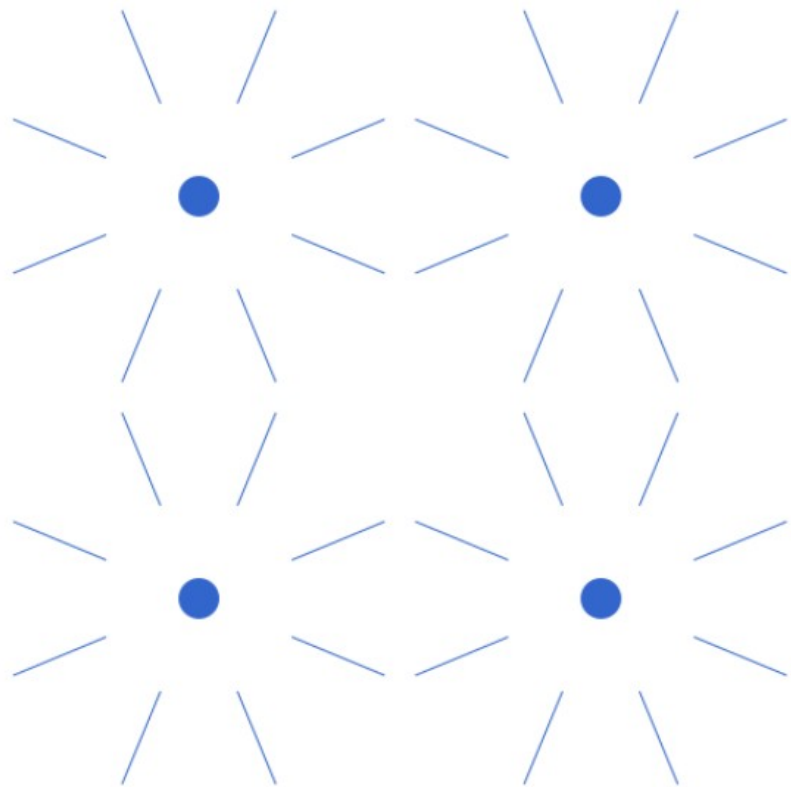
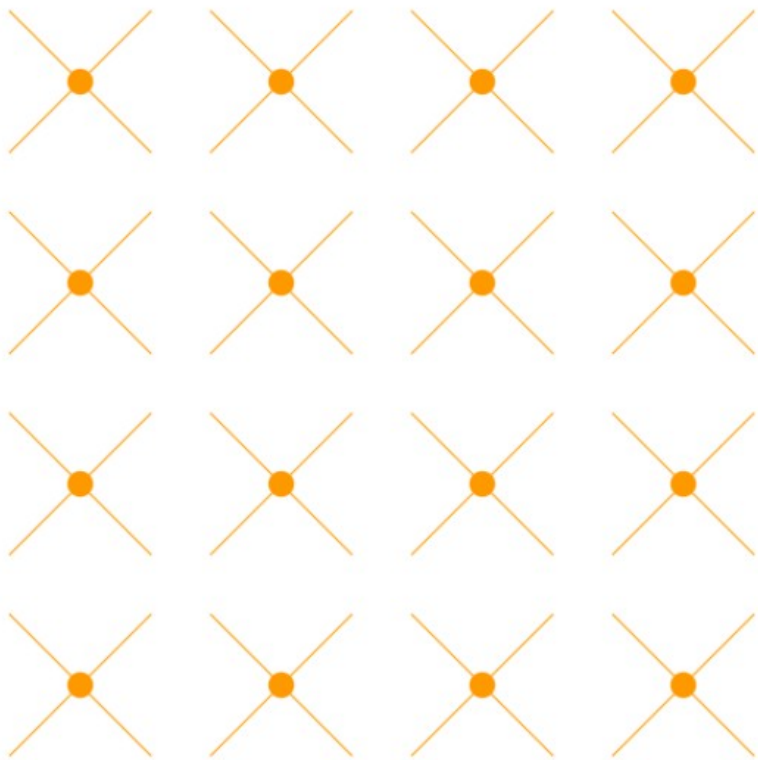
- **Faire varier la résolution spatiale et directionnelle pour échantillonner une pénombre sans défaut,**
en fonction de la distance à la source :



Radiance Cascade

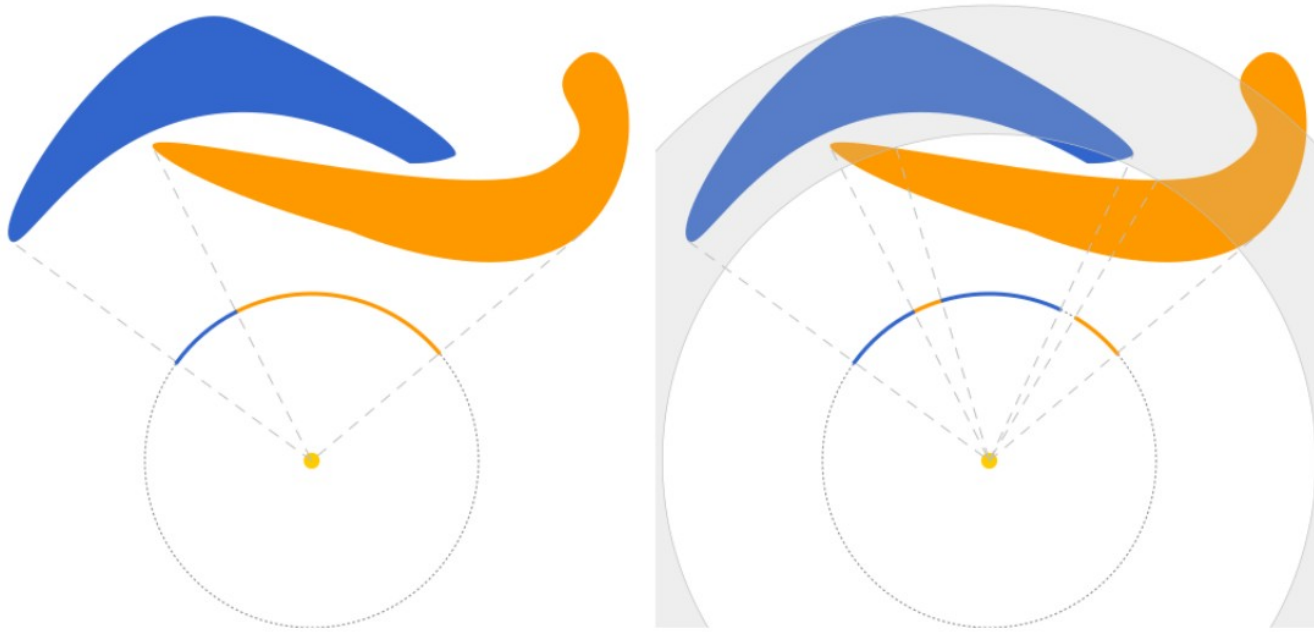
- $\Delta p < D$,
proportionnel à la distance,
- $\Delta d < 1 / D$,
inversement proportionnel à la distance,
- Ou : si on espace les probes, il faut augmenter la résolution sur les directions... et inversement...

Radiance Cascade

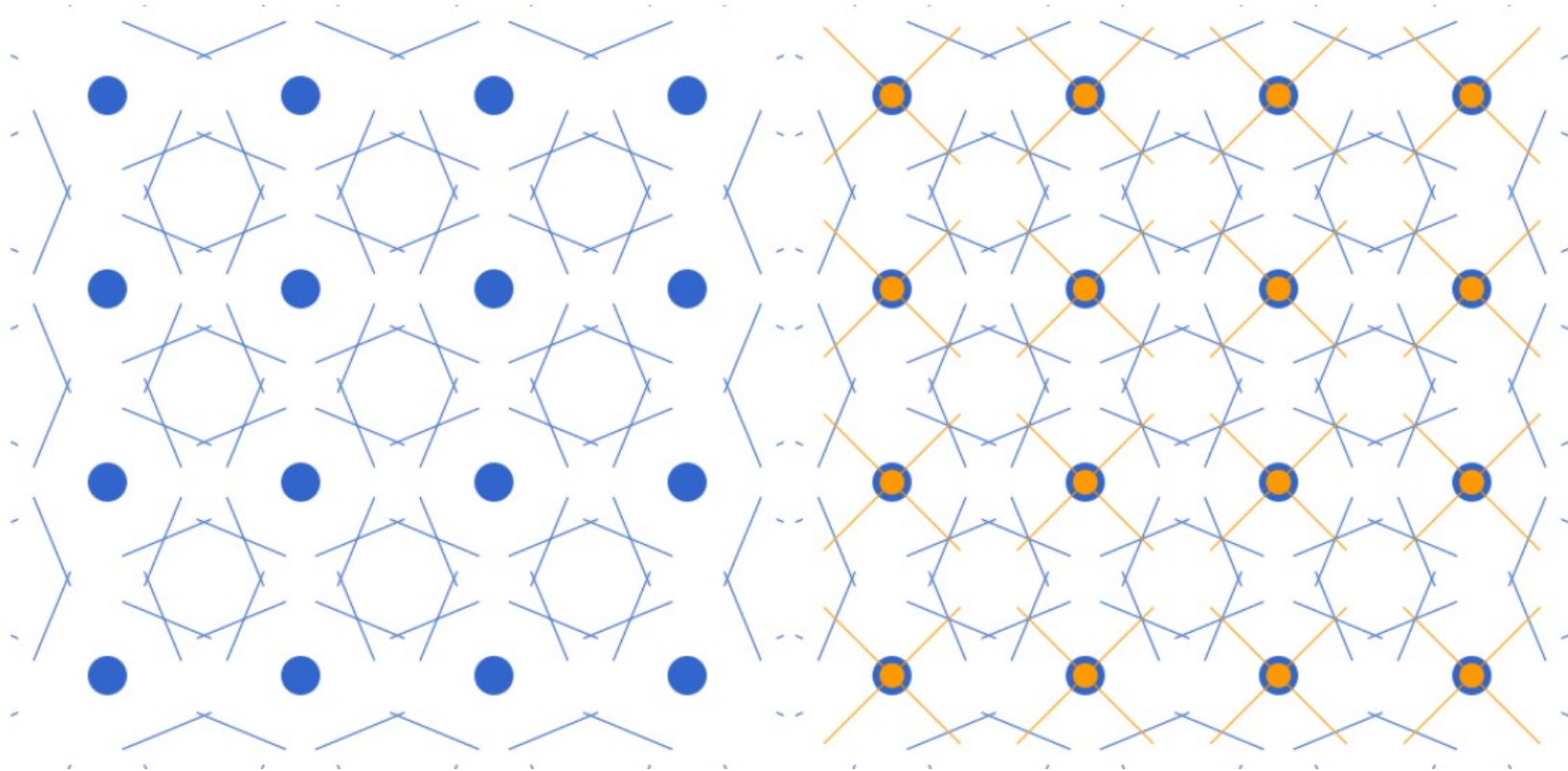


Radiance Cascade

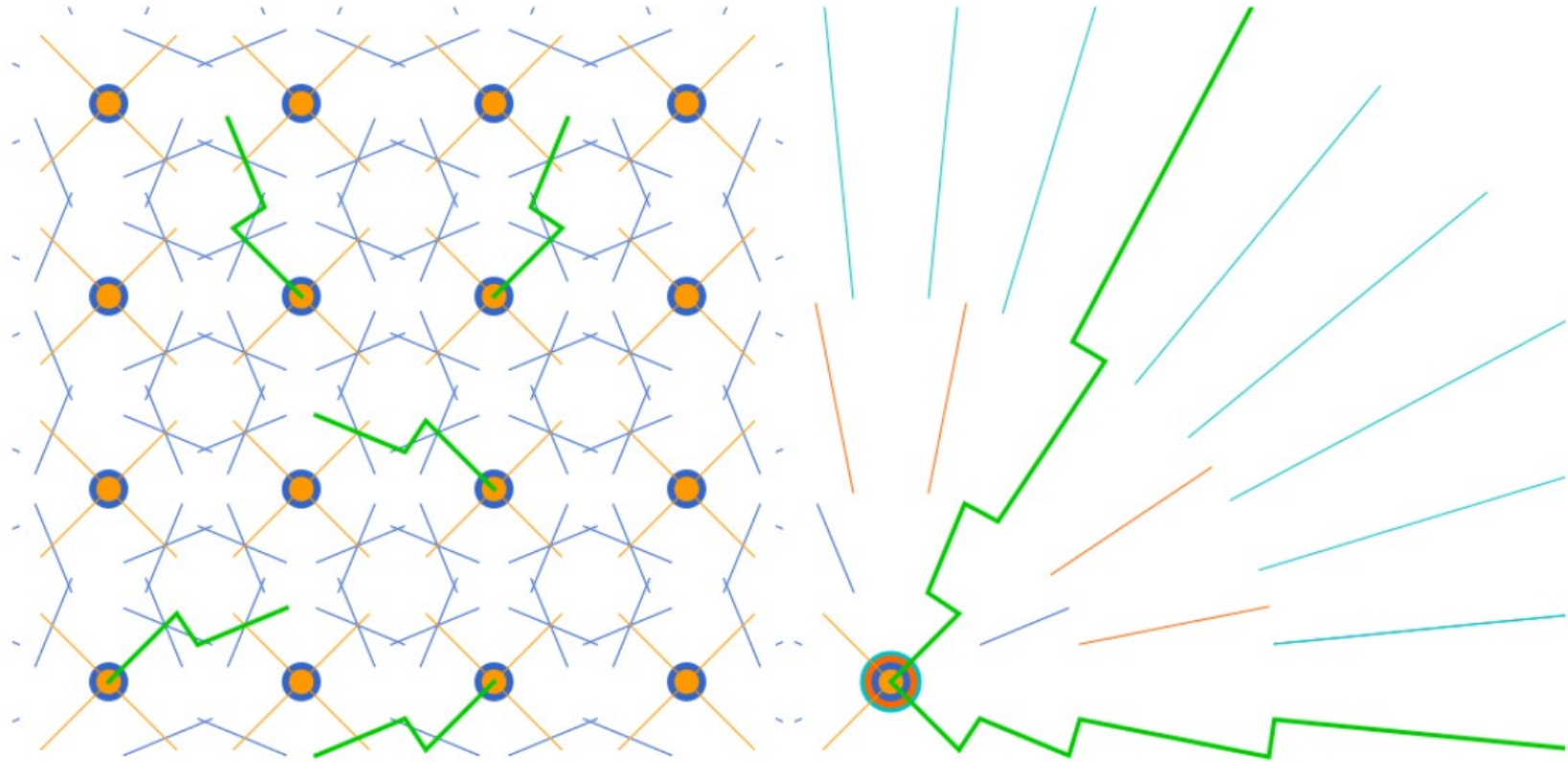
- Mais aussi une contrainte sur la distance / intervalle :



Radiance Cascade : interpolation



Radiance Cascade : interpolation



Radiance Cascades

- **Construire toute la hiérarchie :**
- $\Delta p \sim 2^i$
- $\Delta w \sim 1 / 2^i$
- $\Delta t \sim 2^i$
- **Ou : il faut doubler la taille de l'intervalle de distance et le nombre de directions à chaque niveau de la hiérarchie.**
- **Si N texels niveau 0, $2N$ texels dans toute la hiérarchie !**

Radiance Cascades

- **Si on peut stocker le niveau 0, on peut sans doute stocker toute la hiérarchie,**
- **Si on peut construire le niveau 0 en temps réel, on peut sans doute construire toute la hiérarchie en temps réel !**

Path of Exile 2 : 2023

- Présentation des techniques de rendu, **ExileCon 2023**
- Cascade 2d + 1d (espace image)

Path of Exile 2



Path of Exile 2



Et la 3D alors ?

- C'est en cours ! Cf **Sparse Radiance Cascades**
- avec un hachage spatial pour stocker les probes autour de la camera et du lancer de rayon matériel pour construire les probes...

Bilan

- **Va falloir tester plus sérieusement...**
- **Ajouter la contrainte sur les intervalles permet de reconstruire la fonction échantillonnée / de l'interpoler**



??