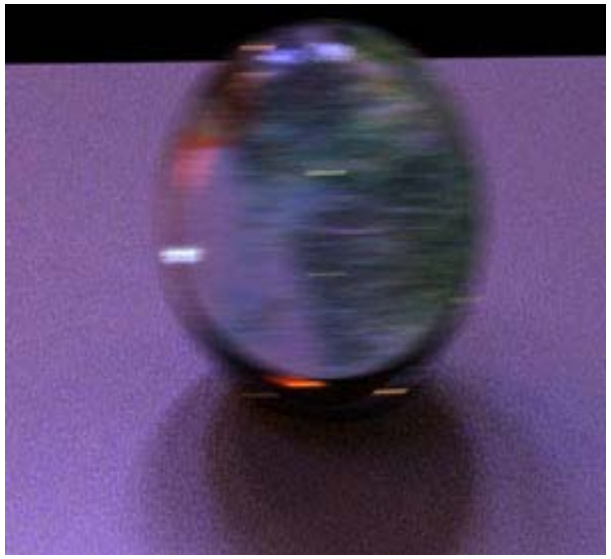
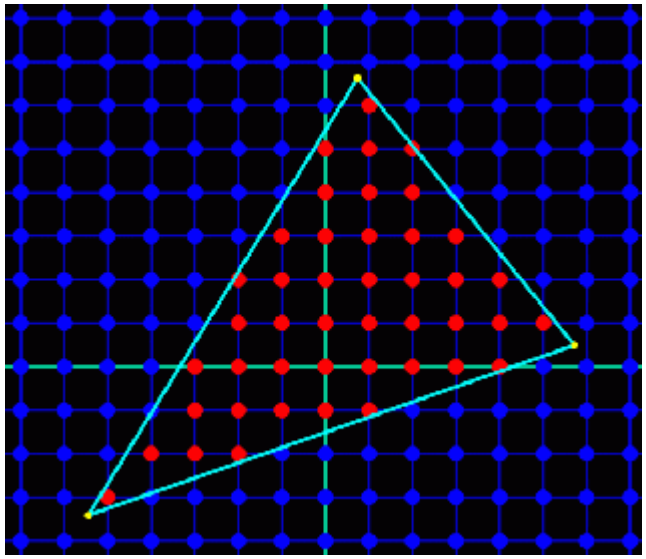
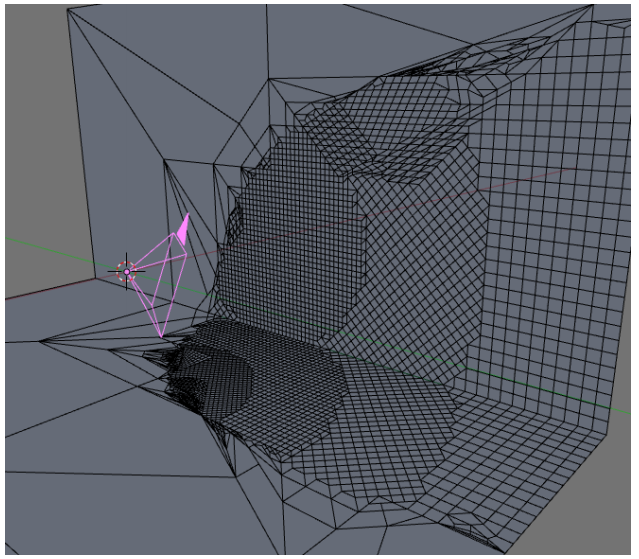




IFT3730

INFOGRAPHIE 3D

SYSTÈMES DE RENDU

Derek Nowrouzezahrai et Pierre Poulin

Département d'informatique et de recherche opérationnelle

Université de Montréal

Université de Montréal

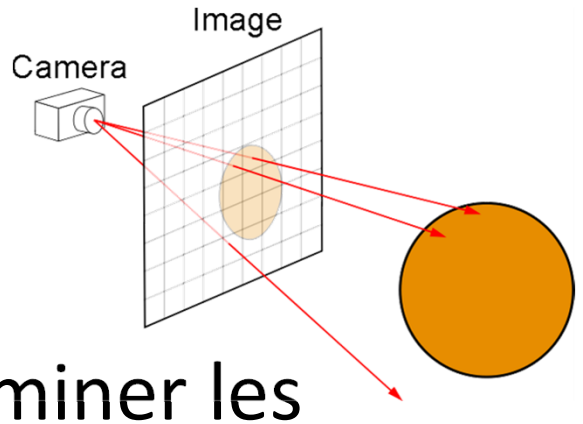
Systèmes de rendu: ça sert à quoi?

- Les trois systèmes que nous survolons aujourd'hui ont été toutes conçus pour résoudre:

la détermination des surfaces visibles par respect de l'œil (*visible surface determination)*

- Chacun a également évolué afin de supporter des effets beaucoup plus complexes (ex: GI)
  - Les limitations structurels et/ou inconvénients dans chacun de ces architectures est typiquement attribués au fait que le *shading* a seulement été considérer bien après la conception originale de l'architecture

Famille 1: Lancer de rayons

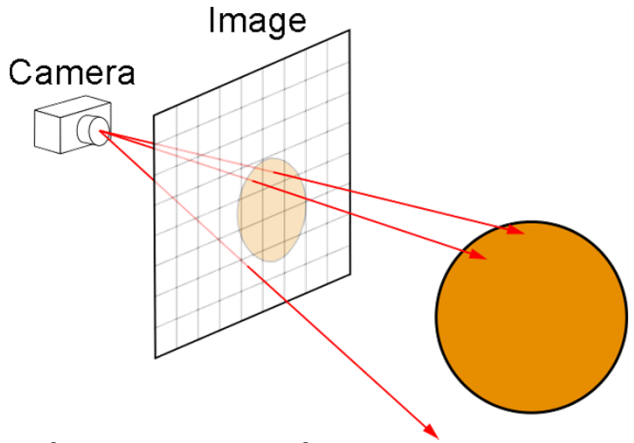


- Originalement conçu pour déterminer les surfaces visibles de l'œil (caméra *pinhole*)

```
for( chaque pixel p )
    Générer un rayon r de l'oeil à p

    float dist_min = infinité
    Intersection h = null

    for( chaque objet o )
      if( trace( r, o ) et hit_dist <= dist_min )
        dist_min = hit_dist
        h.objet = o et h.dist = hit_dist

    p.couleur = shade(h)
```

Université de Montréal

Famille 1: Lancer de rayons

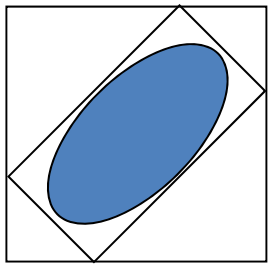


- Compléxité
  - *brute-force* en temps: O(p n)
  - avec un structure d'accélération: O(p log n)
    - Noter qu'un tel structure aura besoin de O(n log n) de temps pour sa construction!
    - Noter aussi que chaque représentation supplémentaire de ta scène encourt un coût en mémoire!

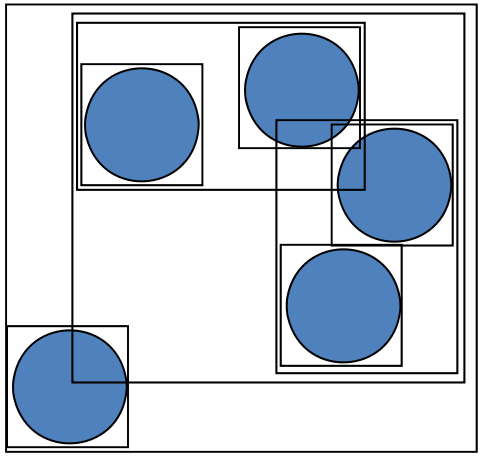
Université de Montréal

Volumes englobants

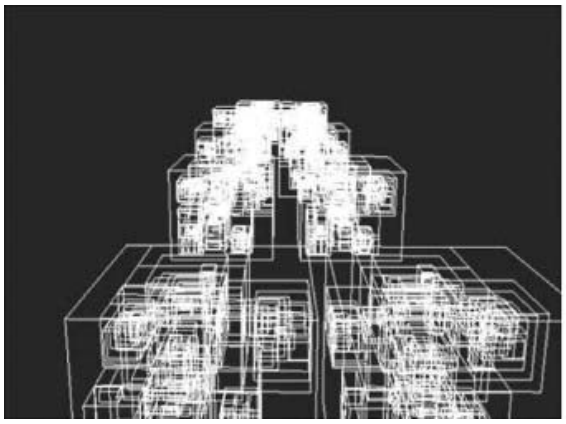
boîte orientée

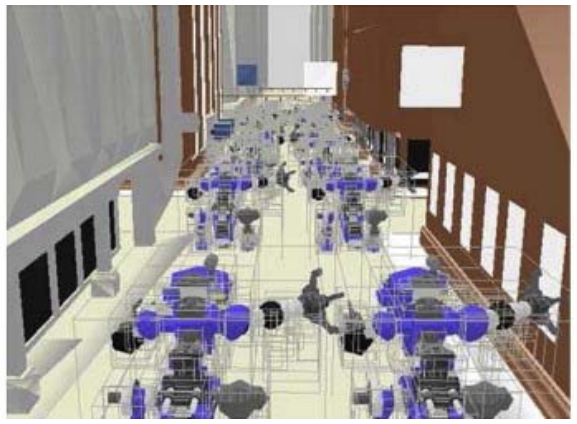


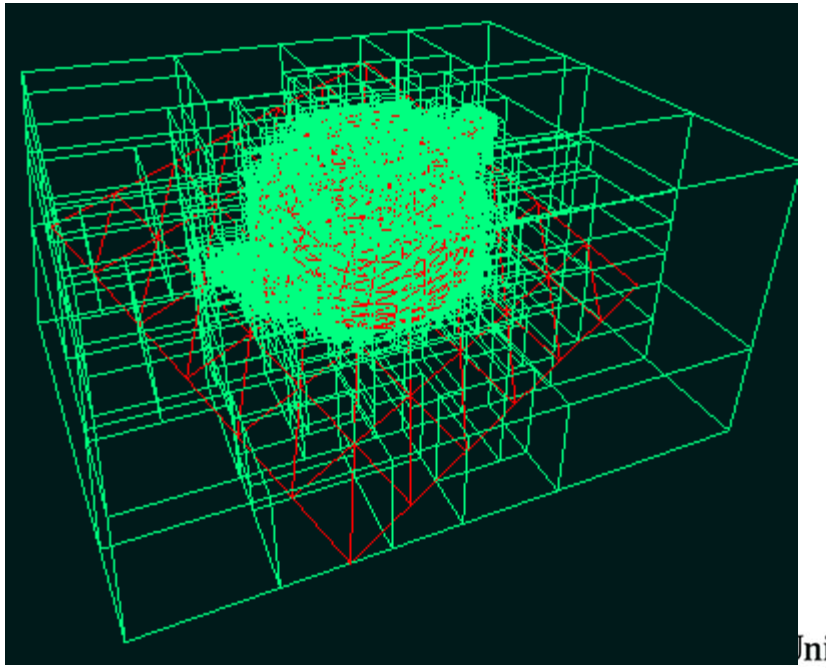
boîte alignée
sur les axes



hiérarchie de
boîtes englobantes
(*BVH*)

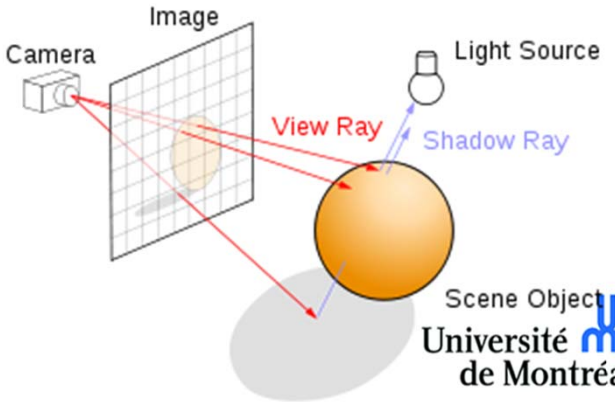






Famille 1: Lancer de rayons

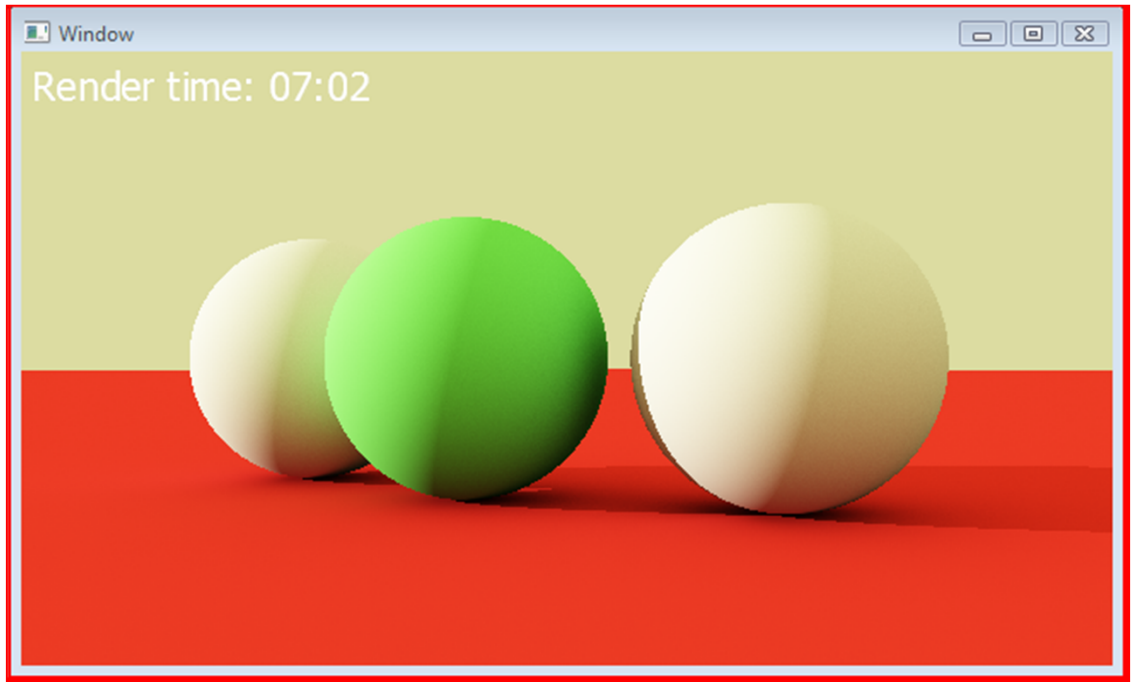
- Les lanceurs de rayons ont graduellement été étendus afin de permettre la simulation des effets de plus en plus complexes comme:
  - Les ombres dur et les réflexions miroir parfaits
  - Le flou de mouvement (*motion blur*)
  - Profondeur de champ (*depth of field*)
  - Simulation de modèle d'illumination plus complexes
  - L'illumination globale



Université de Montréal

Famille 1: Lancer de rayons

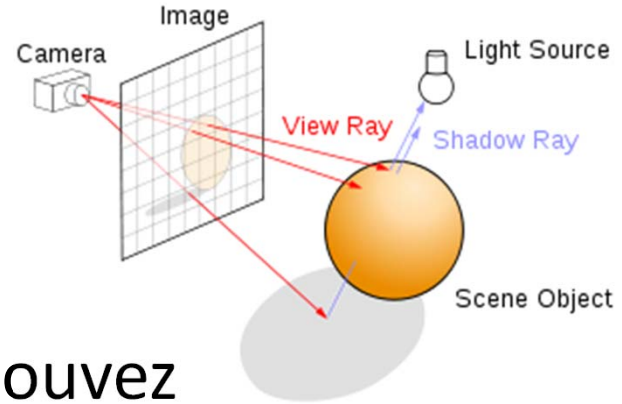
- Presque toutes ces extensions se réalise complètement en dehors de l'algorithme de base




```
for( chaque pixel p )
  Générer rayon r de l'oeil à p
  float dist_min = infinité
  intersection h = null
  for( chaque objet o )
    if( trace( r, o ) et
        hit_dist <= dist_min )
      dist_min = hit_dist
      h.objet = o
      h.dist = hit_dist
p.couleur = shade(h)
```

Université de Montréal

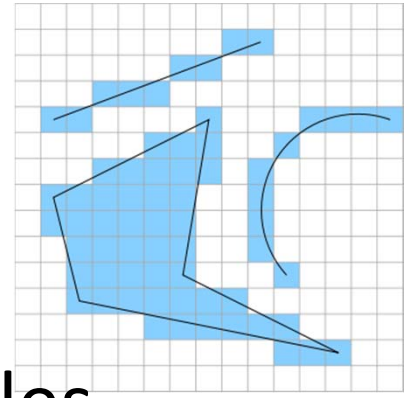
Famille 1: Lancer de rayons



- Avantages:
  - L'algorithme le plus flexible: vous pouvez implémenter n'importe quel effet de rendu *précisément* dans un lanceur de rayons
- Désavantages:
  - Typiquement le plus lent des algorithmes
  - Les structures d'accélération prennent typiquement plus d'espace que la scène originale! Difficile (impossible?) à coder comme moteur de *streaming*

Université de Montréal

Famille 2: Rastérisation



- Similairement conçu pour déterminer les surfaces visibles de l'œil (caméra *pinhole*)
  - Supposition additionnel: que chaque objet est beaucoup plus grand qu'un pixel

```
for( chaque objet o )
    Projeter o sur le plan d'image

    for( chaque pixel p )
      if( isinside(p, o) )
        // effectuer un test de z-buffer
        if( o.z < zbuffer[p] )
          zbuffer[p] = o.z
          p.couleur = shade(o)
```

Famille 2: Rastérisation

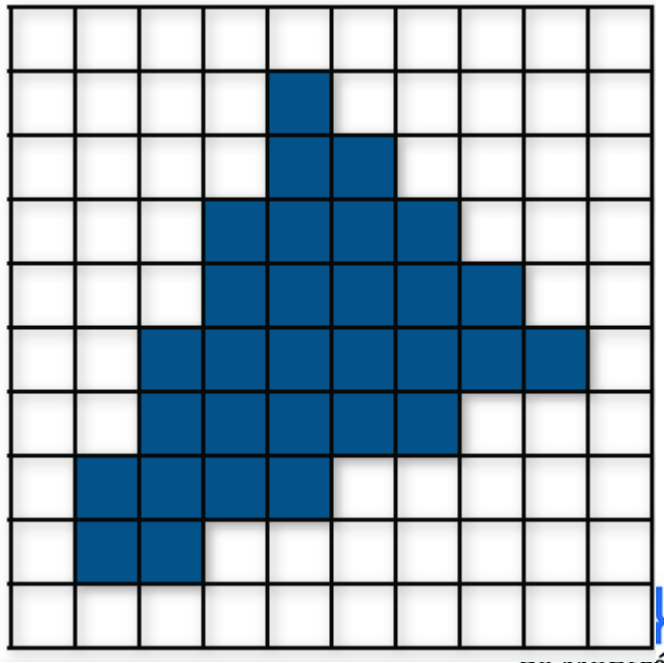
Visibilité:

1. Transformer et projeter chaque objet (triangle)
2. Coder un fonction **`isinside`** pour
   - des triangles
   - des polygons, etc.
3. Trouver l'objet **la plus proche** avec un *z-buffer*

Illumination (locale, globale):

4. Calculer le couleur du pixel avec **shade**


```
for( chaque objet o )
    Projeter o sur l'image
    for( chaque pixel p )
      if( p est dedans o )
        // test de z-buffer
        if( o.z < zbuffer[p] )
          zbuffer[p] = o.z
          p.couleur = shade(o)
```

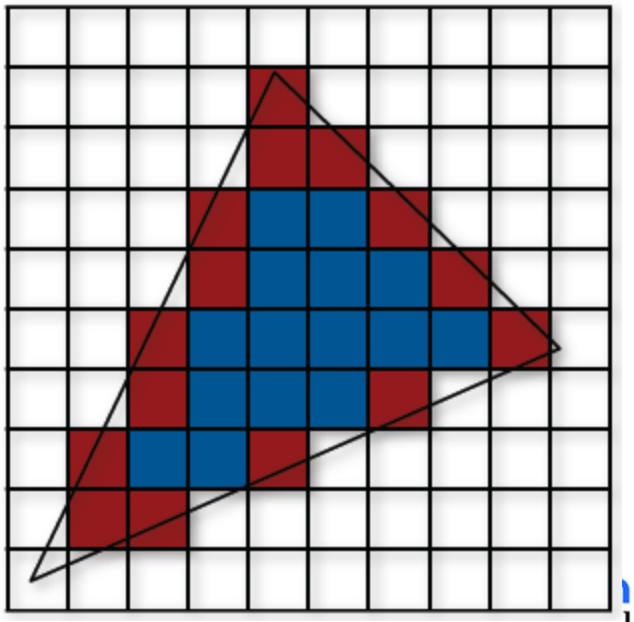


Rastérisation – remplissage: *scan conversion* (séquentielle)

- Après les transformations et projections (selon les matrices standards), la remplissage des triangles est l'opération le plus important d'un moteur de rastérisation

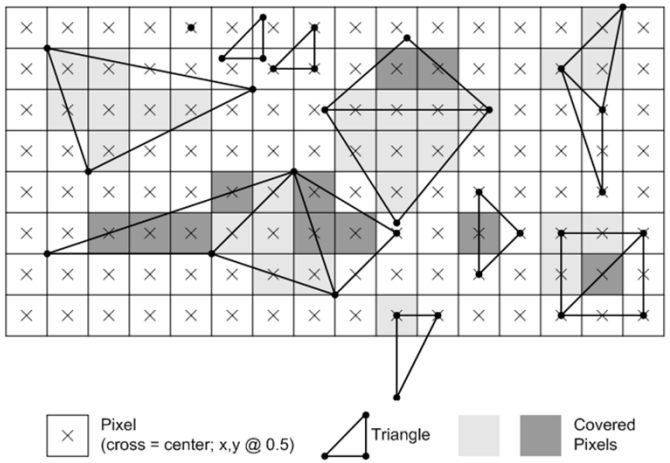
```
for( chaque objet o )
    Projeter o sur l'image
    for( chaque pixel p )
      if( p est dedans o )
        // test de z-buffer
        if( o.z < zbuffer[p] )
          zbuffer[p] = o.z
          p.couleur = shade(o)
```

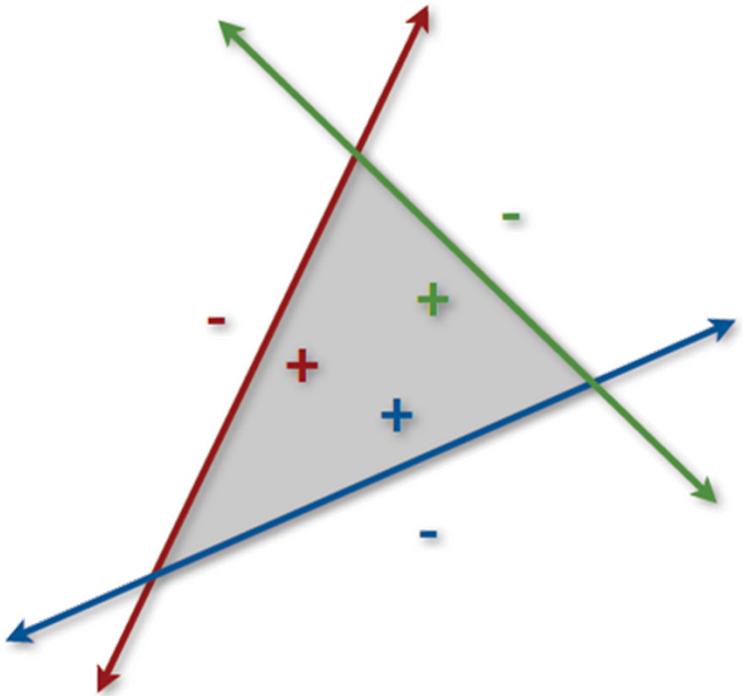
- Une méthode de remplissage qui procède d'un manière séquentielle est le *scan conversion:*
  1. Commence en traversant chaque ranger de pixel (un *scan line*)
  2. Garder trace des arrêts/bords
  3. Remplit les trames de pixels



Rastérisation – remplissage: y-a-t'il un *isinside* test parallèle?

- Il y a plusieurs manières de rapidement déterminer si un pixel est dedans un triangle (en parallèle)
  - Test de demi-espace (*half-space tests*)
  - Utilisation des coordonnées Barycentrique
- Fait attention autour des arrêts!

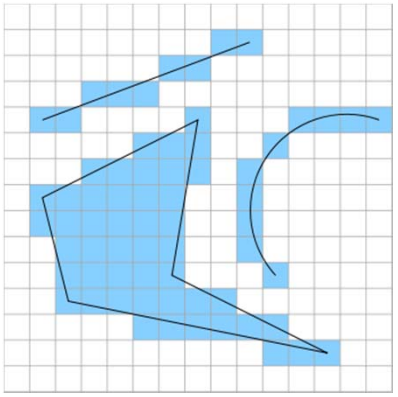





```
for( chaque objet o )
    Projeter o sur l'image
    for( chaque pixel p )
      if( p est dedans o )
        // test de z-buffer
        if( o.z < zbuffer[p] )
          zbuffer[p] = o.z
          p.couleur = shade(o)
```

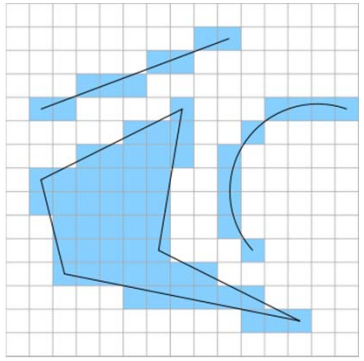
Université de Montréal

Famille 2: Rastérisation



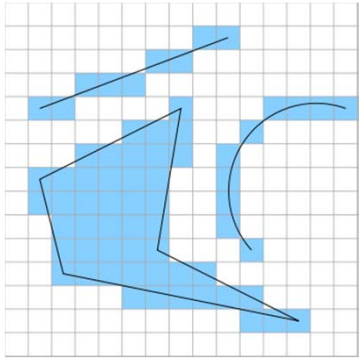
- Complexité
  - *Brute-force* en temps: O(n p)
  - Nous pouvons encore utiliser des structures d'accélération pour améliorer la complexité à O(p log n)
    - *Z-buffer* hiérarchique
    - Boites englobantes (projetées): pas nécessaire de tester tous les pixels pour chaque objet pendant le remplissage
    - Pour les scènes statiques, beaucoup d'optimisation possible (ex: *PVS*)
  - La rastérisation traite la géométrie *projetée*, où la détermination de visibilité a lieu en espace image
    - Ces opérations sont beaucoup plus facile à paralléliser

Famille 2: Rastérisation



- Comme avec lancer de rayons, le modèle de rastérisation est toujours en évolution
- Des centaines d'extensions existent pour permettre la simulation des effets plus complexe dans le cadre d'un système de rastérisation:
  - Les ombres dur et étendues
  - L'illumination globale
- Un développement récent s'appelle la rastérisation stochastique qui cible la simulation des effets de distributions

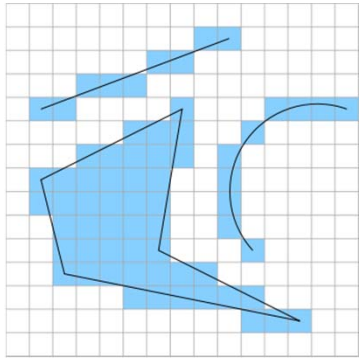
Famille 2: Rastérisation



- Le structure de rastérisation (*streaming-friendly,* opérations en espace image, transformations appliqués indépendamment à chaque objet, etc.) rend son implémentation en HW très facile
- OpenGL et DirectX sont des API modelés autour d'un concept de rastérisation extensible et réalisable sur des GPUs spécialisés

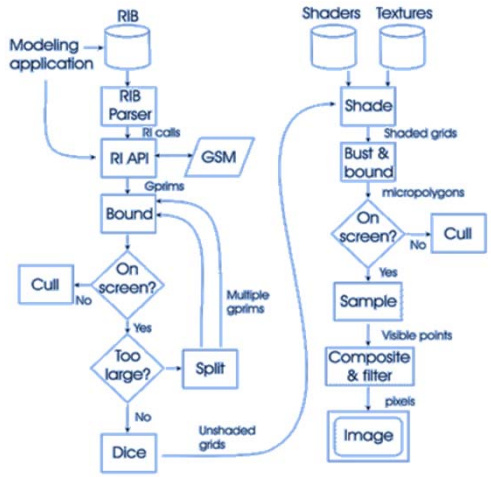
Université de Montréal

Famille 2: Rastérisation



- Avantages:
  - *Stream-friendly*
  - Facile à paralléliser
- Désavantages
  - Aucun accès directe à des informations *globale*
  - Même l'implémentation des effets simples peut nécessiter des solutions "créatives"
  - Très difficile à simuler des effets d'illumination avancés (où la cohérence en espace rayons est réduite)

Famille 3: Micropolygon



- Quand les objets (projetés) sont plus petit que la taille d'un pixel, on tombe sur un cas particulier:
  - Premièrement, beaucoup des problèmes de visibilité (de l'œil) deviennent plus facile à gérer
  - Deuxièmement, la rastérisation ne marche plus
  - L'interpolation barycentrique entre espace objet est espace image n'est plus nécessaire
- Il existe une troisième famille de système conçu avec cette scénario comme cas de base

Université de Montréal

Famille 3: Micropolygon

- Contrairement à lancer de rayons et rastérisation, le système micropolygon de **REYES** a été conçu non seulement pour calculer la visibilité de l'œil, mais aussi pour:
  - Gérer des scènes très complexes et avec beaucoup de détails géométriques
  - Supporter quelques effets de shading avancés qui ont été identifiés comme important pour le réalisme: flou de mouvement et *displacement*
  - Première système de shaders programmable

Famille 3: Micropolygon

- L'algorithme de REYES (une exemple de rastérisation de micropolygon) est malheureusement plus complexes qu'un système de lancer de rayons ou de rastérisation
  - Mais il est heureusement similaire à la rastérisation

```
for( chaque objet o )
  // Convertir objet en micropolygon
  o' = BoundSplit(o);
  mp = Dice(o');

  Shade(mp);
  SampleHide(mp);
```

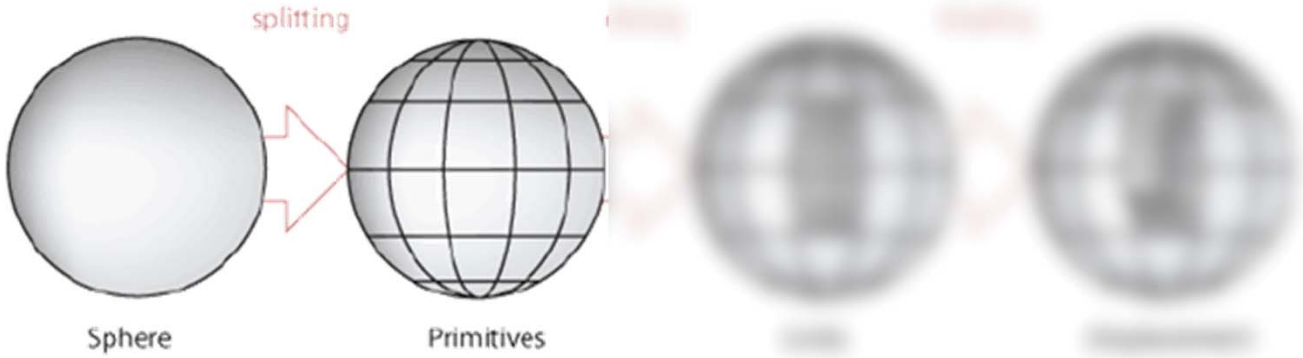
  - Les premières étapes ont comme bût de convertir chaque objet dans la scène en représentation commun, des micropolygons, avant le calcul de shading et de visibilité

Université de Montréal

Famille 3: Micropolygon

- L'étape **Bound** détermine le volume englobant de l'objet et divise l'objet récursivement jusqu'il atteins une taille (projeté) spécifiée en espace image
  - Plusieurs méthodes. Ex: *coarse dicing*, projection des sous-boites englobantes, …
  - Doit prendre en compte les *displacements* potentiels!

```
for( chaque objet o )
  o' = BoundSplit(o);
  mp = Dice(o');

  Shade(mp);
  SampleHide(mp);
```

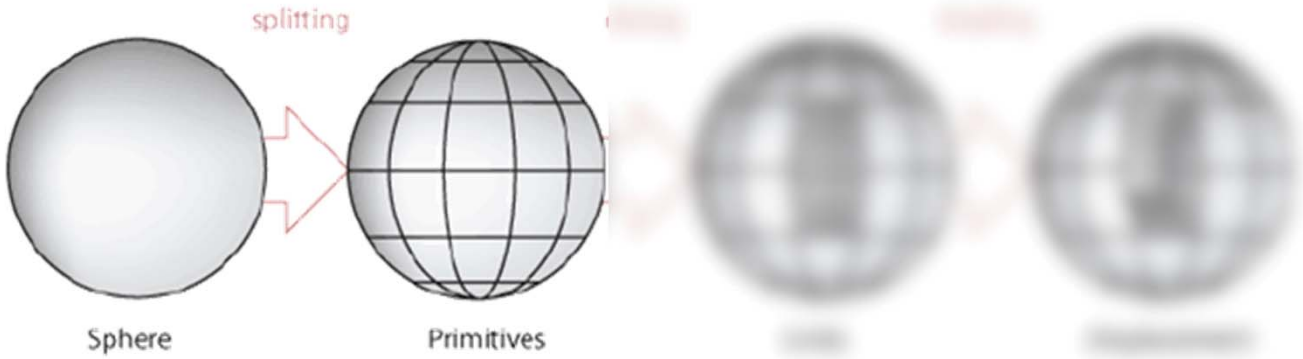


Université de Montréal

Famille 3: Micropolygon

- L'étape **`Split`** permet de sous-divisé des objets afin de jeter des parties qui tomberont en dehors le pyramide de vues
  - Similaire aux algorithmes de clipping en rastérisation

```
for( chaque objet o )
  o' = BoundSplit(o);
  mp = Dice(o');

  Shade(mp);
  SampleHide(mp);
```



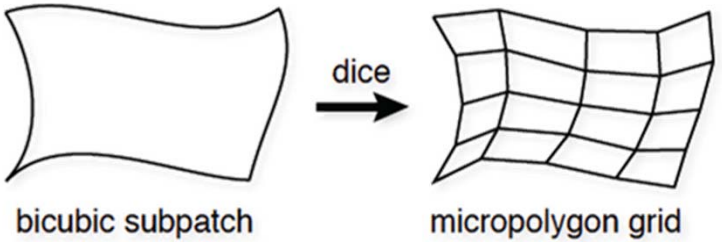
Université de Montréal

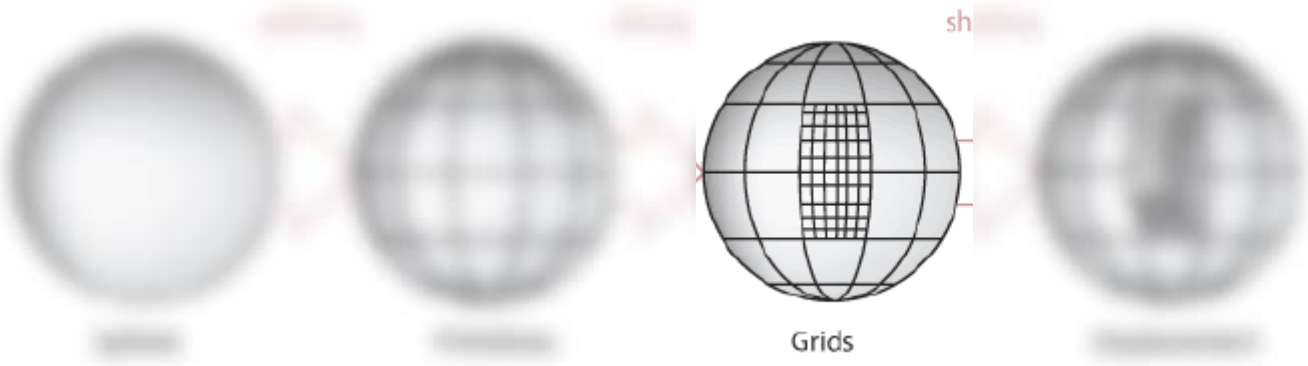
Famille 3: Micropolygon

- L'étape **`Dice`** prends les primitives sous-divisés et les utilises pour créer des micropolygons avec des tailles d'environ un pixel

```
for( chaque objet o )
  o' = BoundSplit(o);
  mp = Dice(o');

  Shade(mp);
  SampleHide(mp);
```

- Ces micropolygons sont charger dans un tampons appeler le *microgrid*, chacun avec leurs normals, position, et d'autres informations géométriques



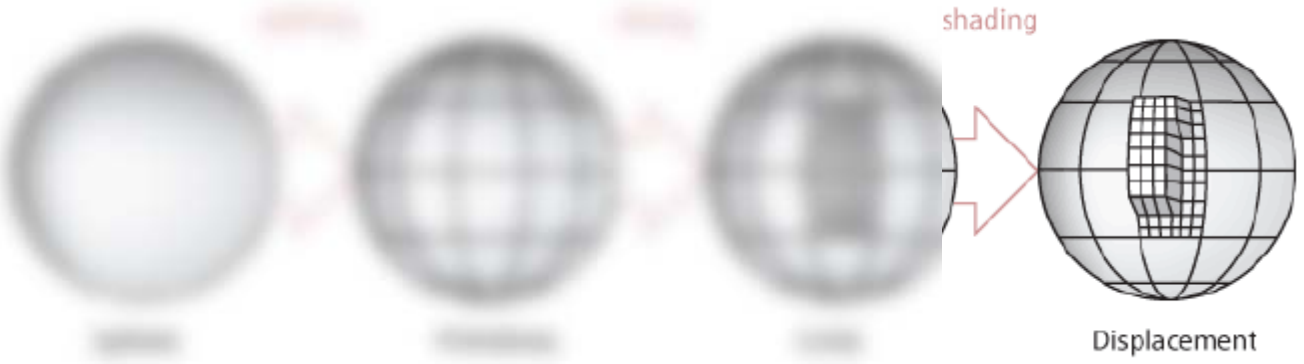


Université de Montréal

Famille 3: Micropolygon

- L'étape **Shade** calcule le *displacement* et le *shading* à chaque sommet des micropolygons selon des shaders procédurales
- Tous les propriétés géométriques sont disponibles à une résolution sous-pixel
- Cela peut-être facilement parallélisé

```
for( chaque objet o )
  o' = BoundSplit(o);
  mp = Dice(o');

  Shade(mp);
  SampleHide(mp);
```



Université de Montréal

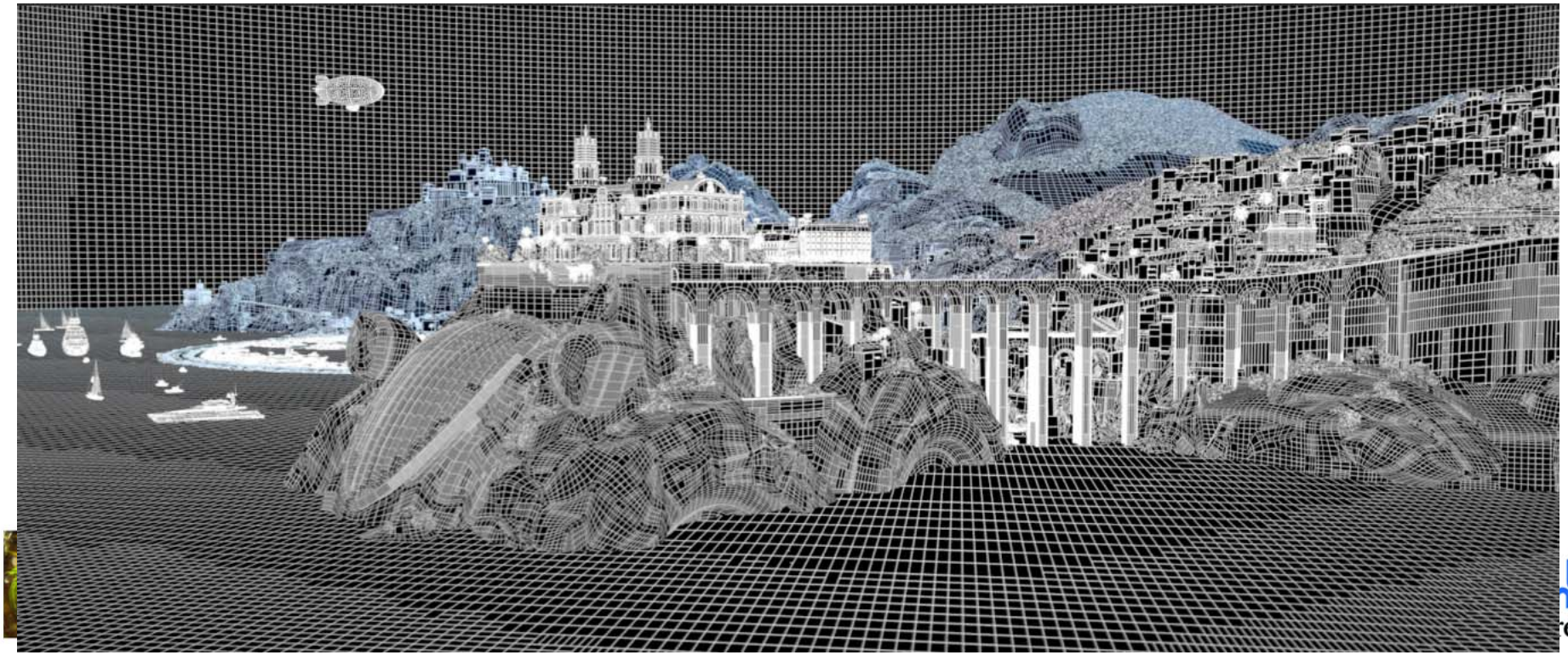
Famille 3: Micropolygon

- L'étape **`SampleHide`** affiche les micropolygons sur l'image finale, après l'application d'un opération de *busting*, tout en éliminant les surfaces cachés
  - Ici les algorithmes de rastérisation et/ou *z-buffer* peuvent être modifiés afin de déterminer la visibilité de l'œil
- À noter: la complexité du shading est découplé de la complexité de la détermination de visibilité

```
for( chaque objet o )
  o' = BoundSplit(o);
  mp = Dice(o');

  Shade(mp);
  SampleHide(mp);
```

Famille 3: Micropolygon

- Récemment plusieurs chercheurs ont investigué les manières d'implémenter un système REYES sur les GPUs, et/ou comment étendre les systèmes de rastérisation accélérés pour supporter les scènes plus complexes avec les effets de rendu avancés



Famille 3: Micropolygon

- REYES = algorithme de rastérisation de micropolygon
- Renderman = un standard pour permettre les applications de modélisation / animation de communiquer avec un moteur de rendu
  - N'exige pas un moteur de rendu de micropolygon
- PRMan = premier system qui conformait à la spécification *Renderman*, développer par PIXAR
  - Actuellement un moteur hybrid de micropolygon et lancer de rayons
- REYES est l'algorithme le plus utilisé pour le rendu des films*

Université de Montréal

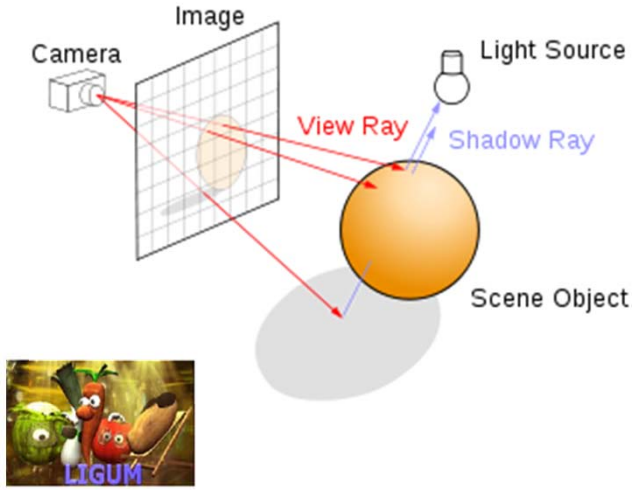
Systèmes de rendu: une survol historique

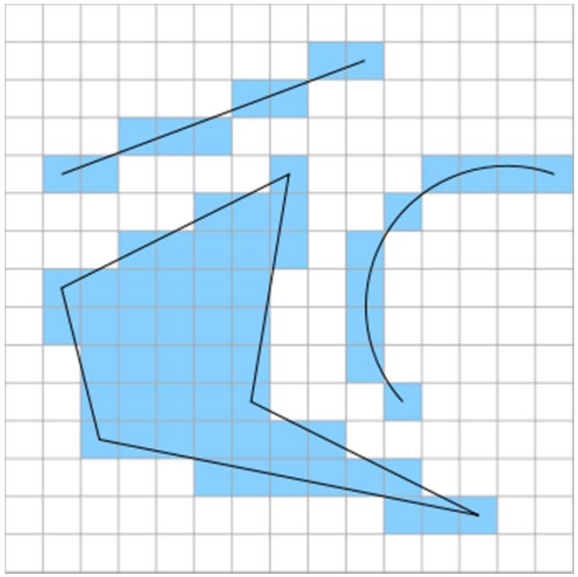
1984
Ray-tracing

1987
Micropolygon

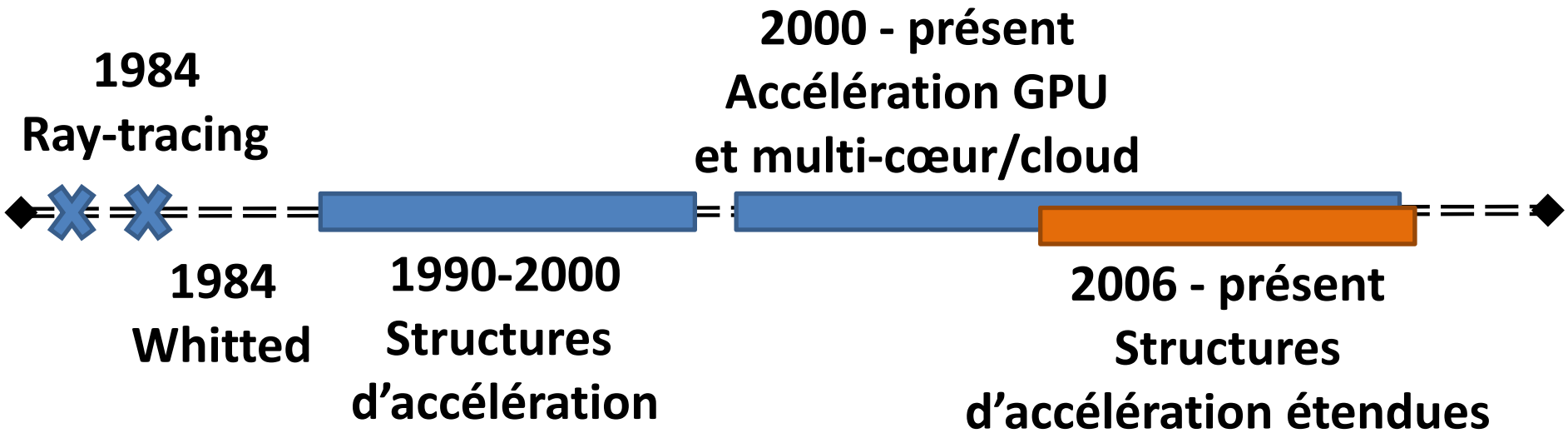
1960s
(pré-)Rastérisation

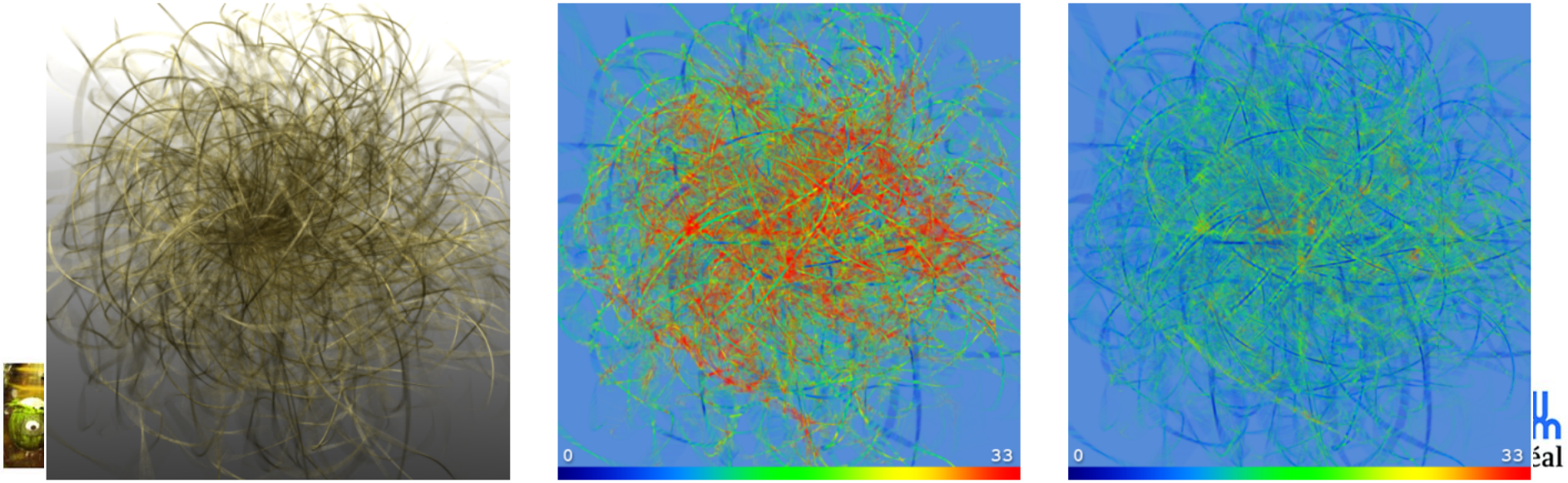
~1985
Rastérisation





Lancer de rayons: évolution historique





Rastérisation: évolution historique

~1985
Rastérisation

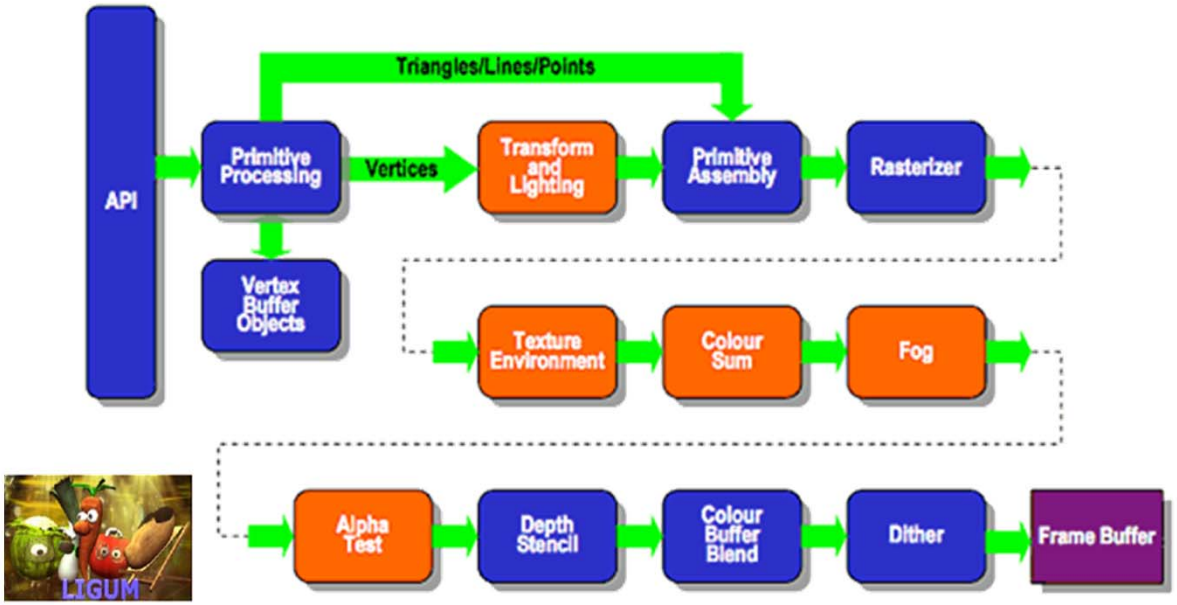
1992
OpenGL

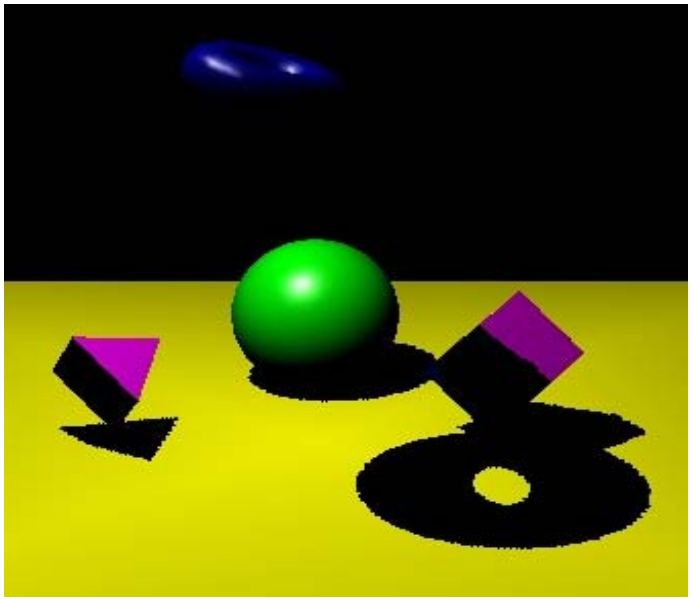
2003
OGL + shaders
DirectX 9

2004- 2009
OGL 2 – 3
DirectX 10

2009 - présent
OGL 3.2 – 4.2
DirectX 11

2012 - présent
OGL 4.3





Rastérisation: évolution historique

~1985
Rastérisation

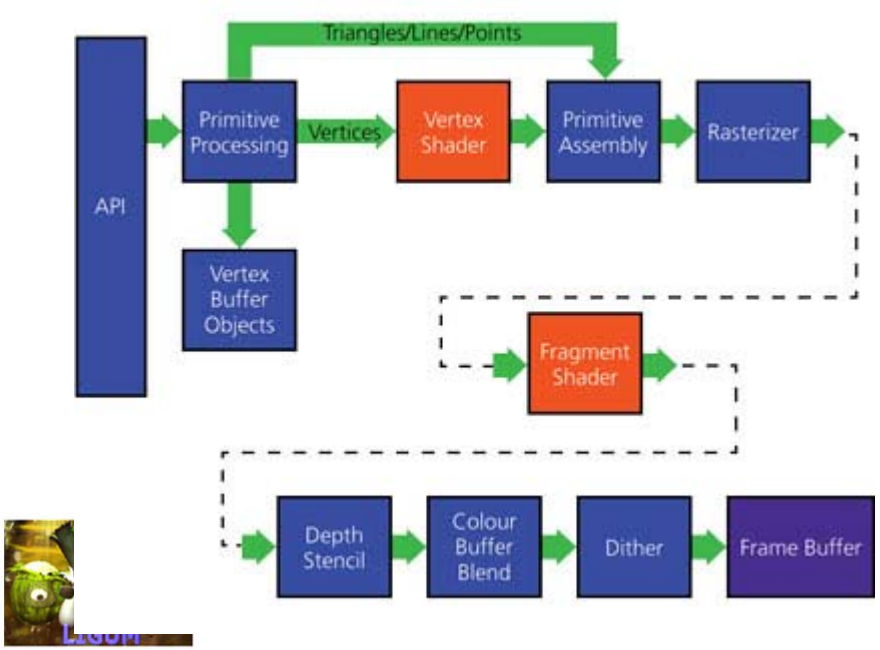
1992
OpenGL

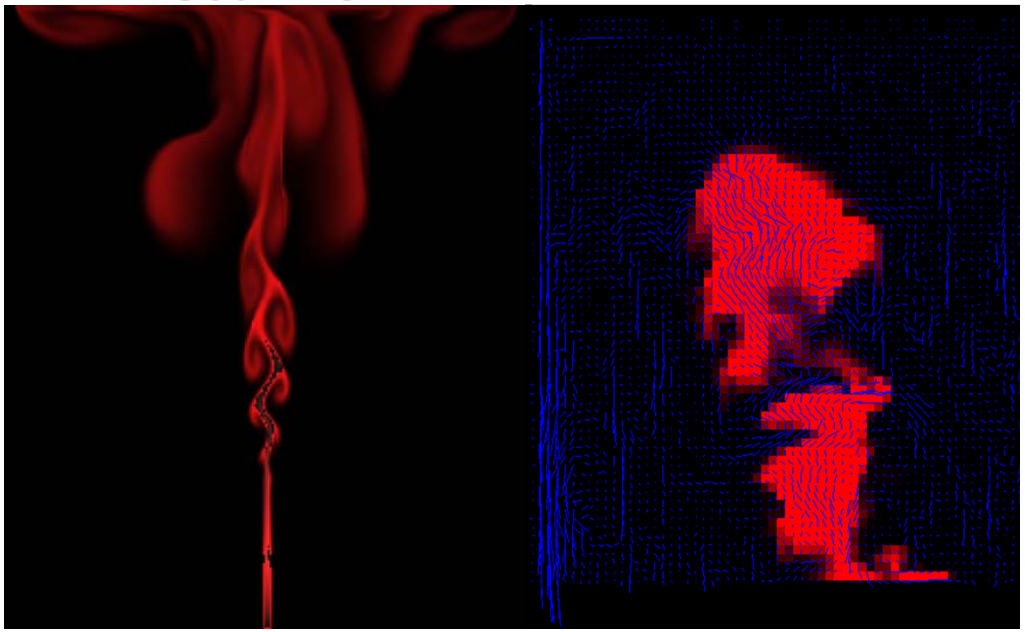
2003
OGL + shaders
DirectX 9

2004- 2009
OGL 2 – 3
DirectX 10

2009 - présent
OGL 3.2 – 4.2
DirectX 11

2012 - présent
OGL 4.3





Rastérisation: évolution historique

~1985
Rastérisation

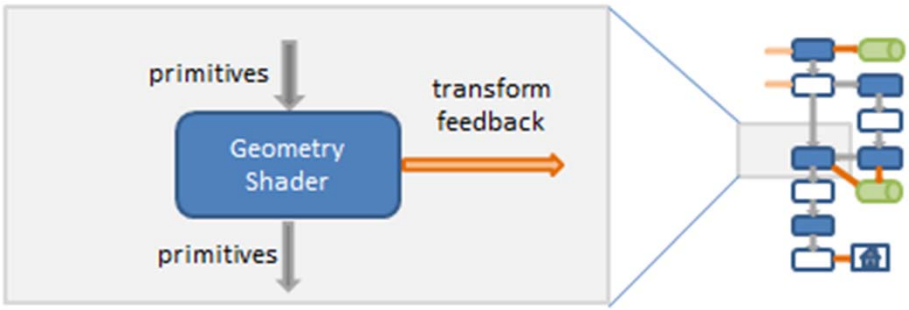
1992
OpenGL

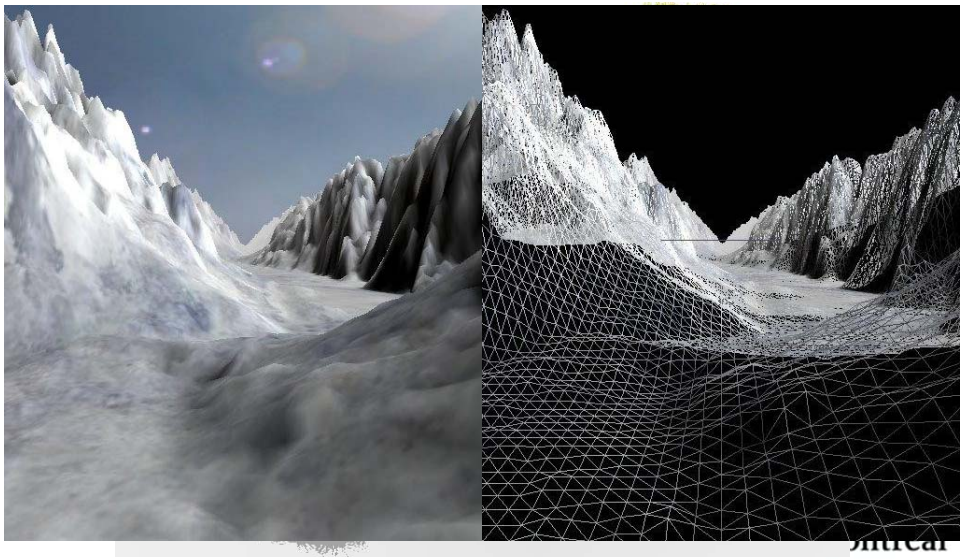
2003
OGL + shaders
DirectX 9

2004- 2009
OGL 2 – 3
DirectX 10

2009 - présent
OGL 3.2 – 4.2
DirectX 11

2012 - présent
OGL 4.3





Rastérisation: évolution historique

~1985
Rastérisation

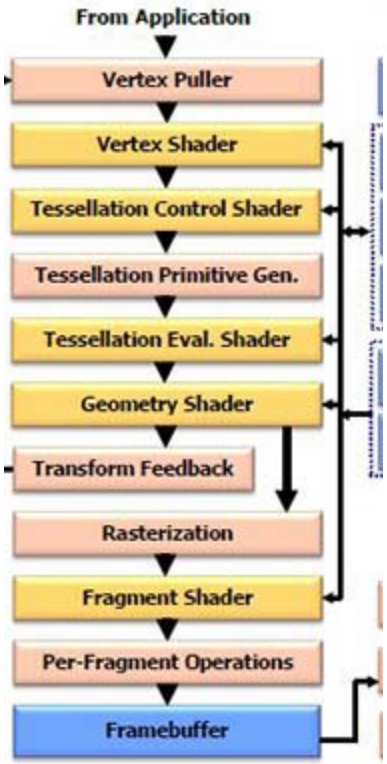
1992

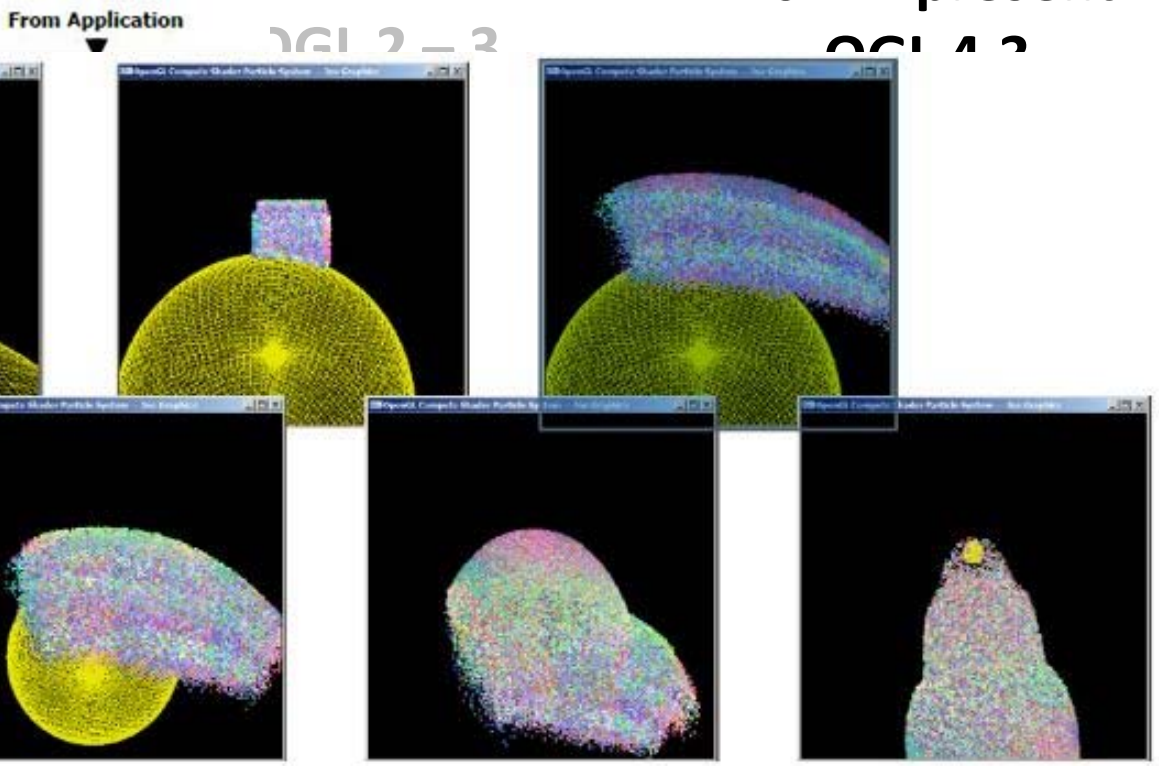
2003
OGL + shaders
DirectX 9

2004- 2009

2009 - présent
OGL 3.2 – 4.2
DirectX 11

2012 - présent





Micropolygon: évolution historique

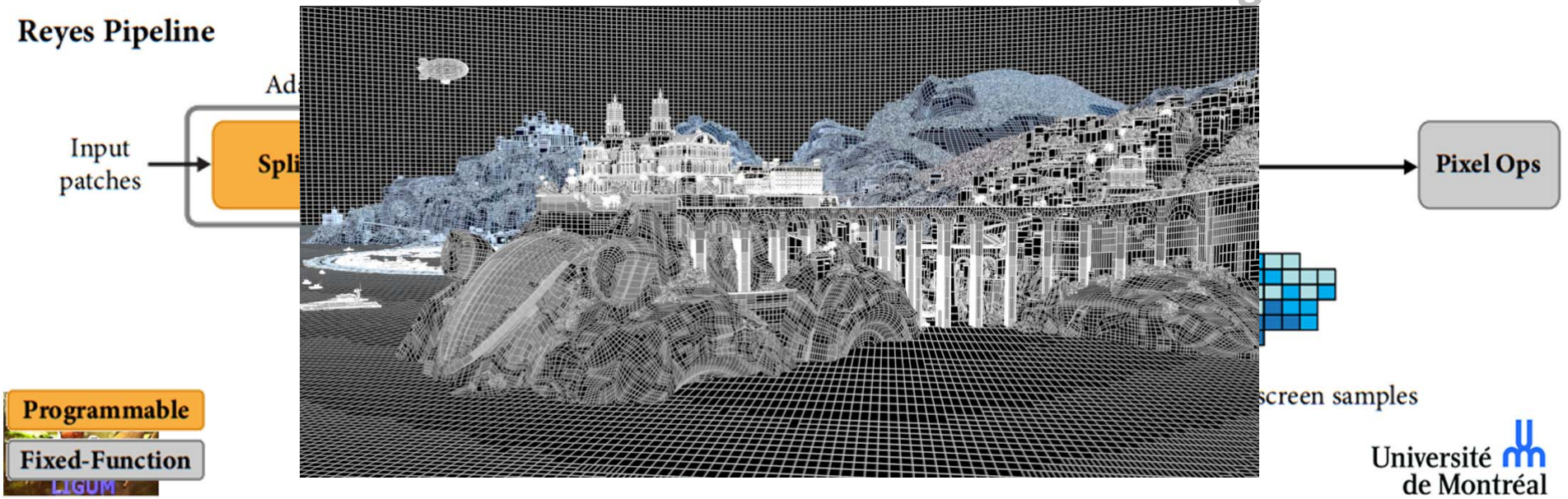
1987
Micropolygon
REYES

2012
PRMan
+ Ray-tracing

2010 - présent
Implémentation
sur GPU

1987-2002
PRMan

2009 - présent
Point-based
Rendering



Université de Montréal

Micropolygon: évolution historique

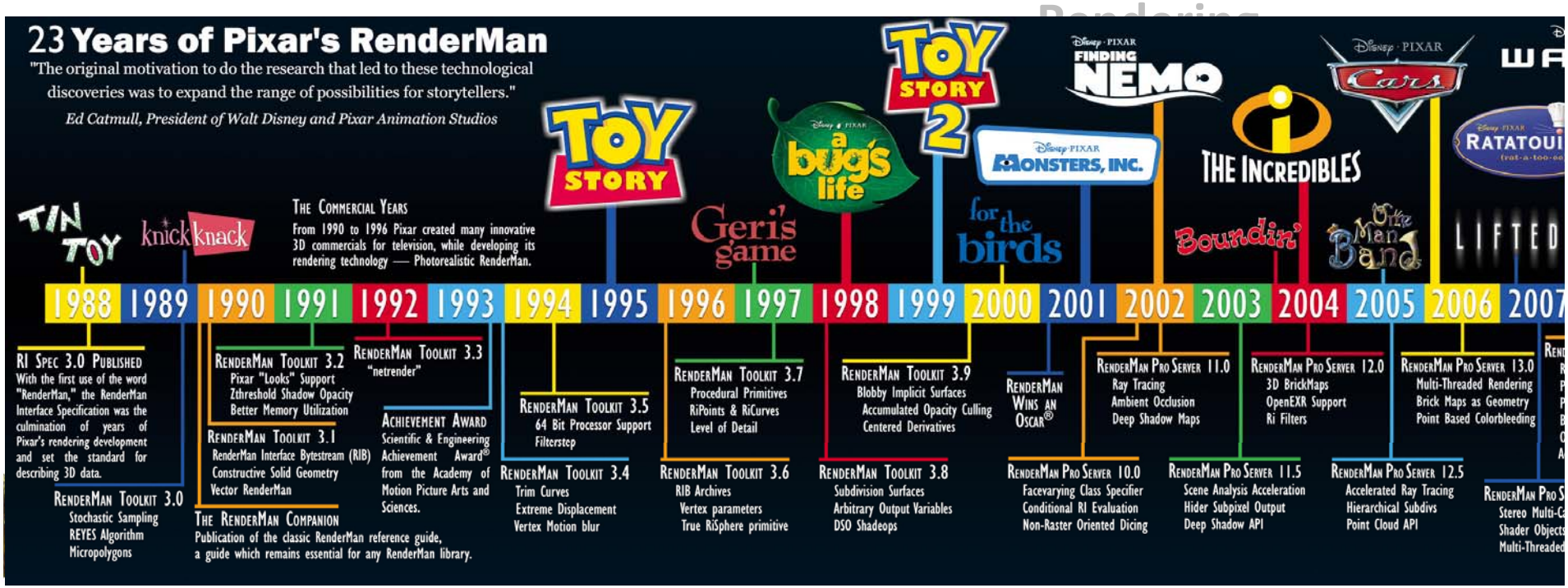
1987
Micropolygon
REYES

2012
PRMan
+ Ray-tracing

2010 - présent
Implémentation
sur GPU

1987-2002
PRMan

2009 - présent
Point-based
Rendering



Micropolygon: évolution historique

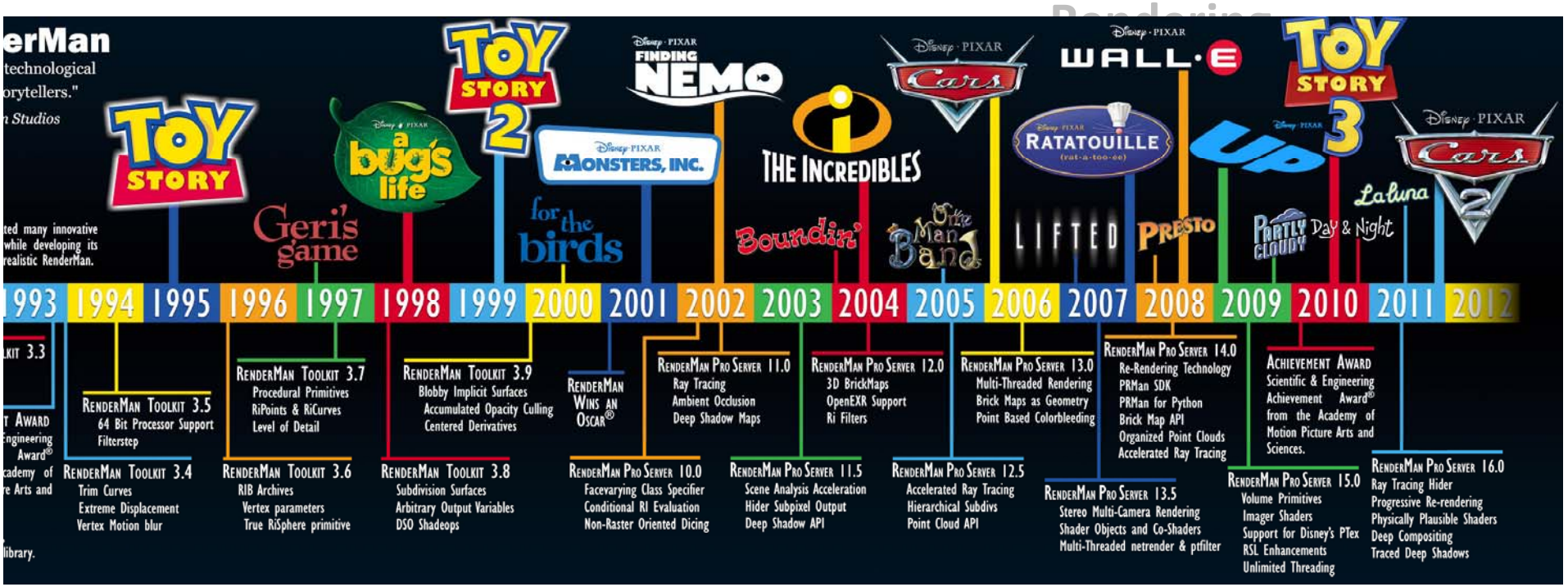
1987
Micropolygon
REYES

2012
PRMan
+ Ray-tracing

2010 - présent
Implémentation
sur GPU

1987-2002
PRMan

2009 - présent
Point-based



Micropolygon: évolution historique

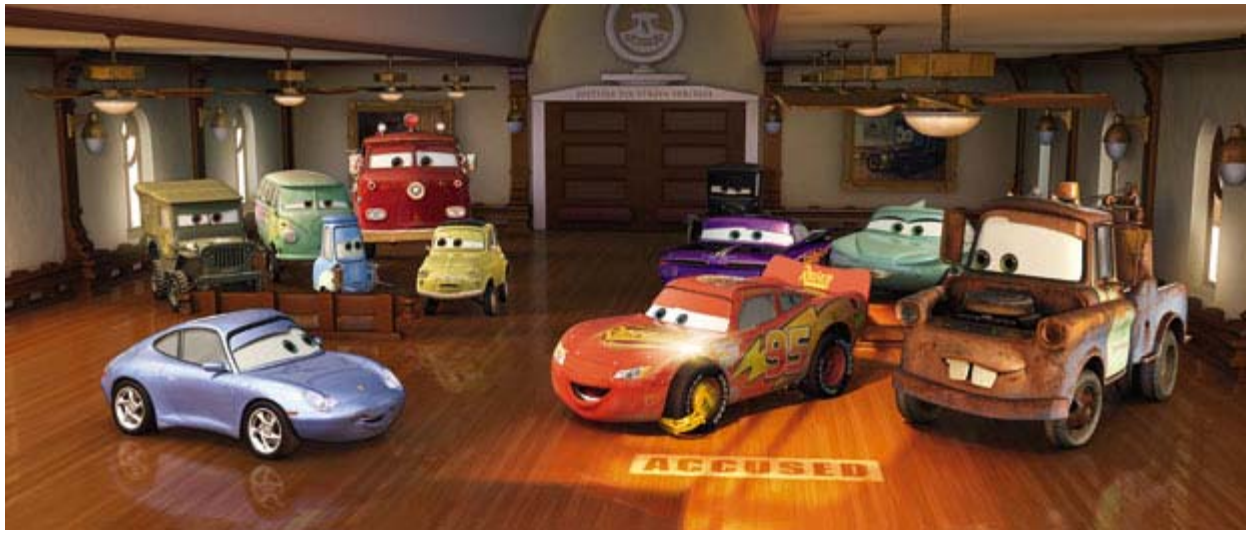
1987
Micropolygon
REYES

2012
PRMan
+ Ray-tracing

2010 - présent
Implémentation
sur GPU

1987-2002
PRMan

2009 - présent
Point-based
Rendering



Micropolygon: évolution historique

1987
Micropolygon
REYES

2012
PRMan
+ Ray-tracing

2010 - présent
Implémentation
sur GPU

1987-2002
PRMan

2009 - présent
Point-based

Micropolygon: évolution historique

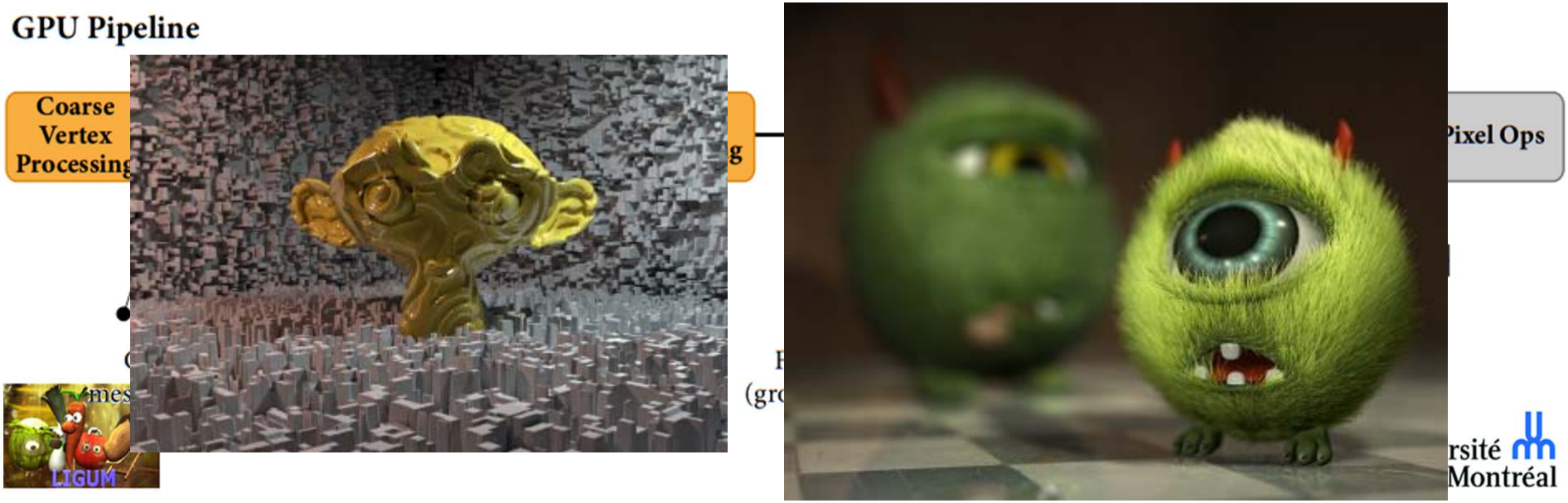
1987
Micropolygon
REYES

2012
PRMan
+ Ray-tracing

2010 - présent
Implémentation
sur GPU

1987-2002
PRMan

2009 - présent
Point-based
Rendering



Débat religieux:
croyez-vous en Rayons ou en Rastériseur?

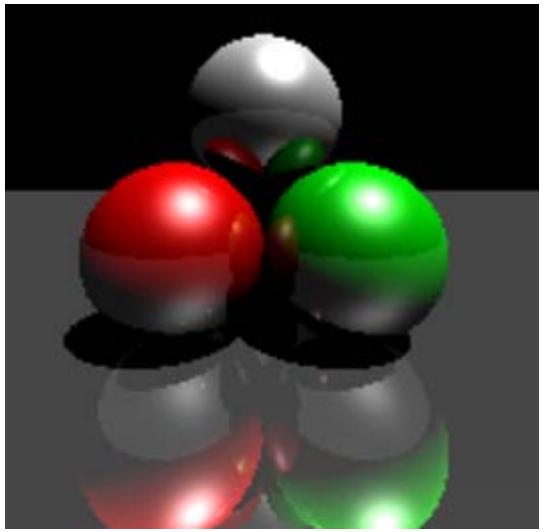
- Question piège: ça dépend sur le bût de ton système, les contraintes, les types d'effets, etc.

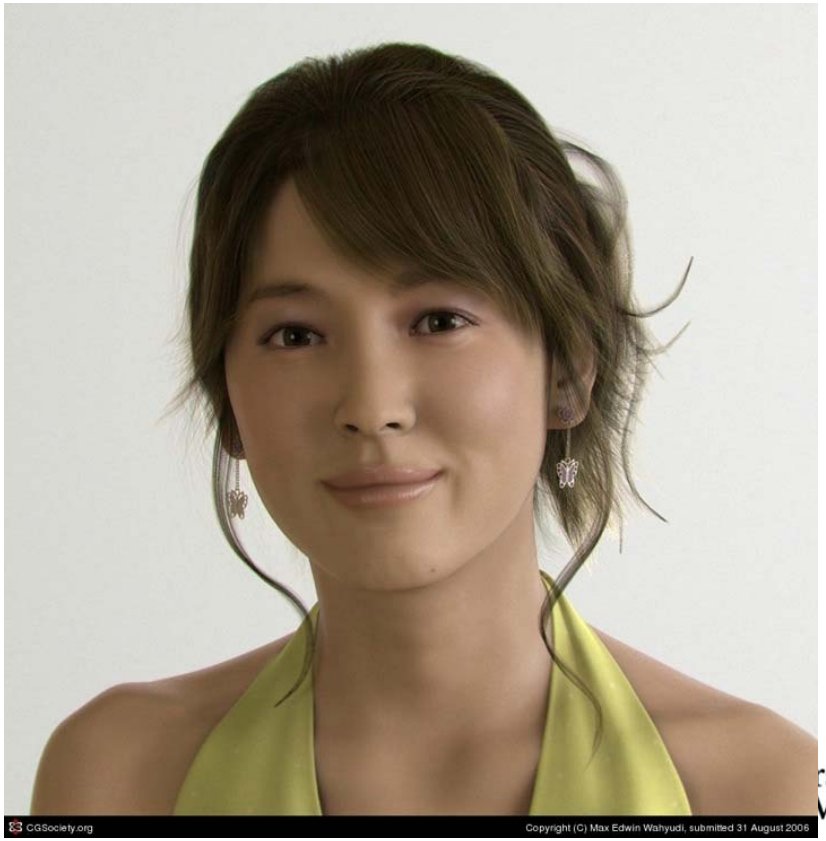
http://c0de517e.blogspot.ca/2011/09/raytracing-myths.html
https://plus.google.com/105941772928736706414/posts/TFm2kjThKSF
http://www.dailytech.com/John+Carmack+on+Ray+Tracing+vs+Rasterization/article11095.htm
http://www.scarydevil.com/~peter/io/raytracing-vs-rasterization.html

- Quels sont les tendances actuels en industrie?
- … et en recherche académique?

Évolution et extensions

- Chaque architecture a évolué de leur implémentation de base au fil de temps afin de supporter de plus en plus de fonctionnalité





rsité Montréal

Évolution et extensions

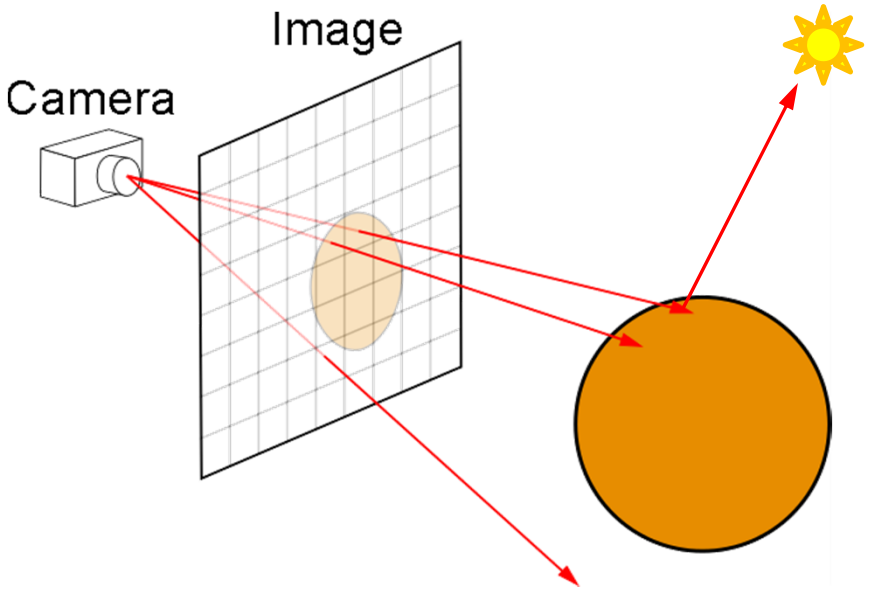
- Chaque architecture a évolué de leur implémentation de base au fil de temps afin de supporter de plus en plus de fonctionnalité

Évolution et extensions

- Chaque architecture a évolué de leur implémentation de base au fil de temps afin de supporter de plus en plus de fonctionnalité

Évolution & extensions: lancer de rayons

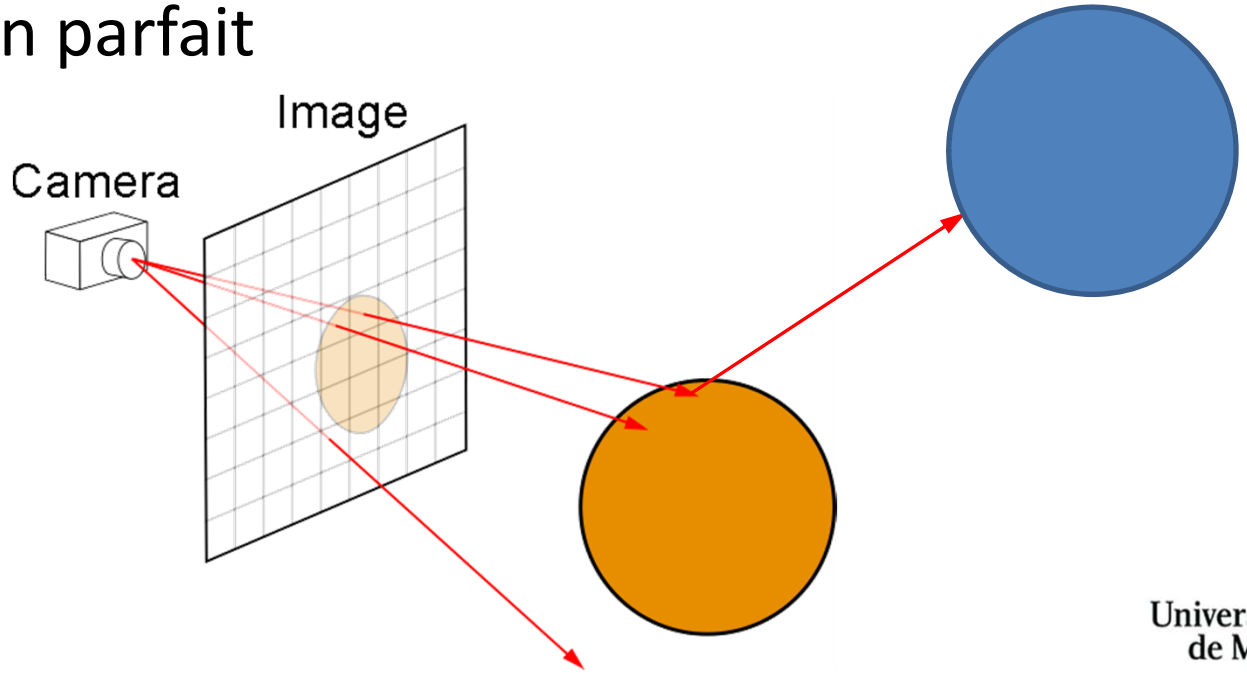
- Un des premier extensions dans l'évolution des lanceurs de rayons est le système de Whitted
  - Fournit une seule couche de recursion, permettant la simulation des ombres durs et des réflexion / réfraction parfait



Université de Montréal

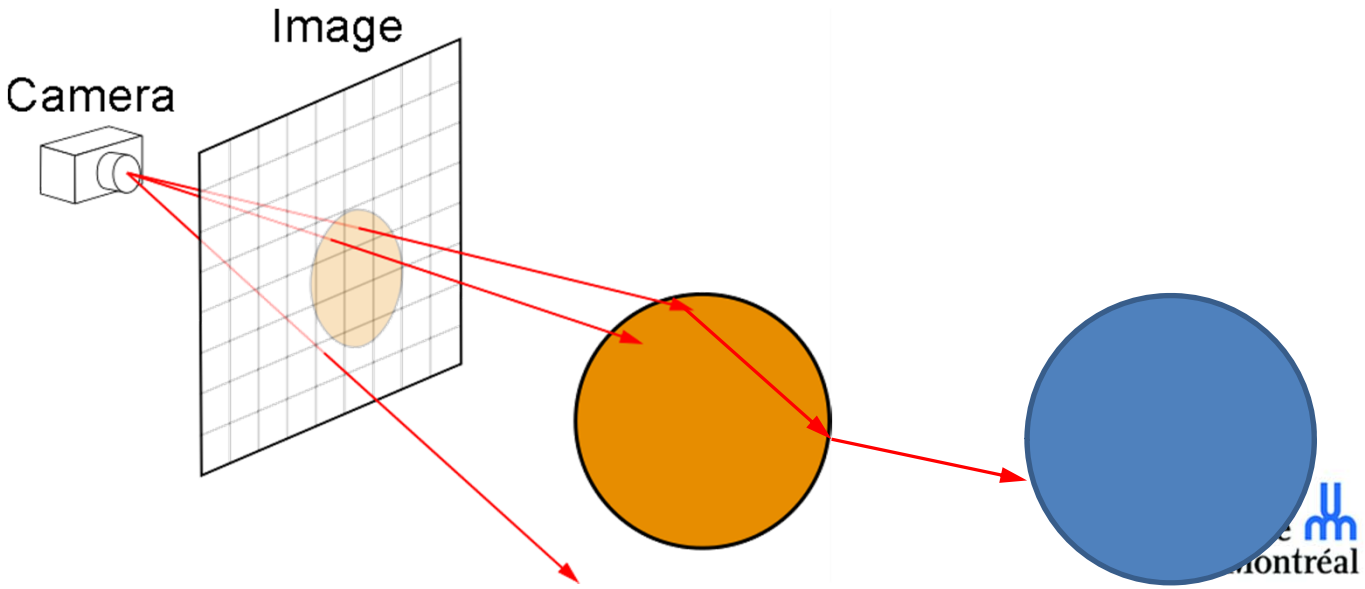
Évolution & extensions: lancer de rayons

- Un des premier extensions dans l'évolution des lanceurs de rayons est le système de Whitted
  - Fournit une seule couche de recursion, permettant la simulation des ombres durs et des réflexion / réfraction parfait



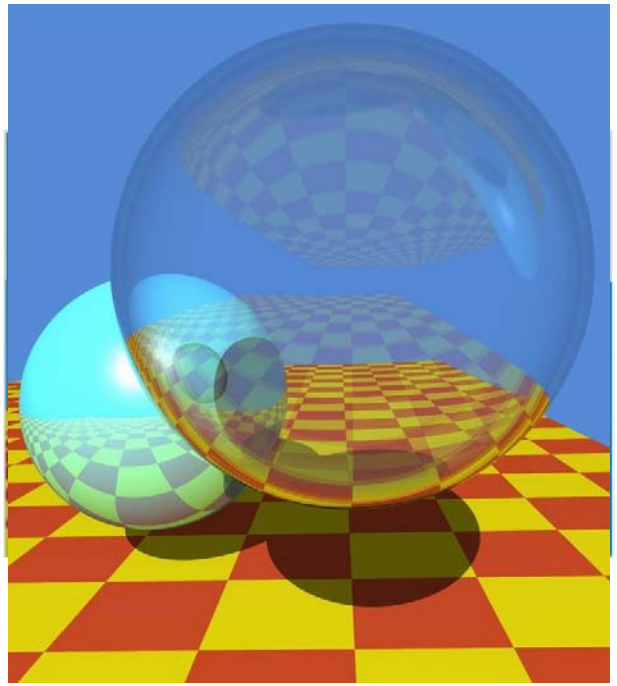
Évolution & extensions: lancer de rayons

- Un des premier extensions dans l'évolution des lanceurs de rayons est le système de Whitted
  - Fournit une seule couche de recursion, permettant la simulation des ombres durs et des réflexion / réfraction parfait



Évolution & extensions: lancer de rayons

- Un des premier extensions dans l'évolution des lanceurs de rayons est le système de Whitted
  - Fournit une seule couche de recursion, permettant la simulation des ombres durs et des réflexion / réfraction parfait



Université de Montréal

Évolution & extensions: lancer de rayons

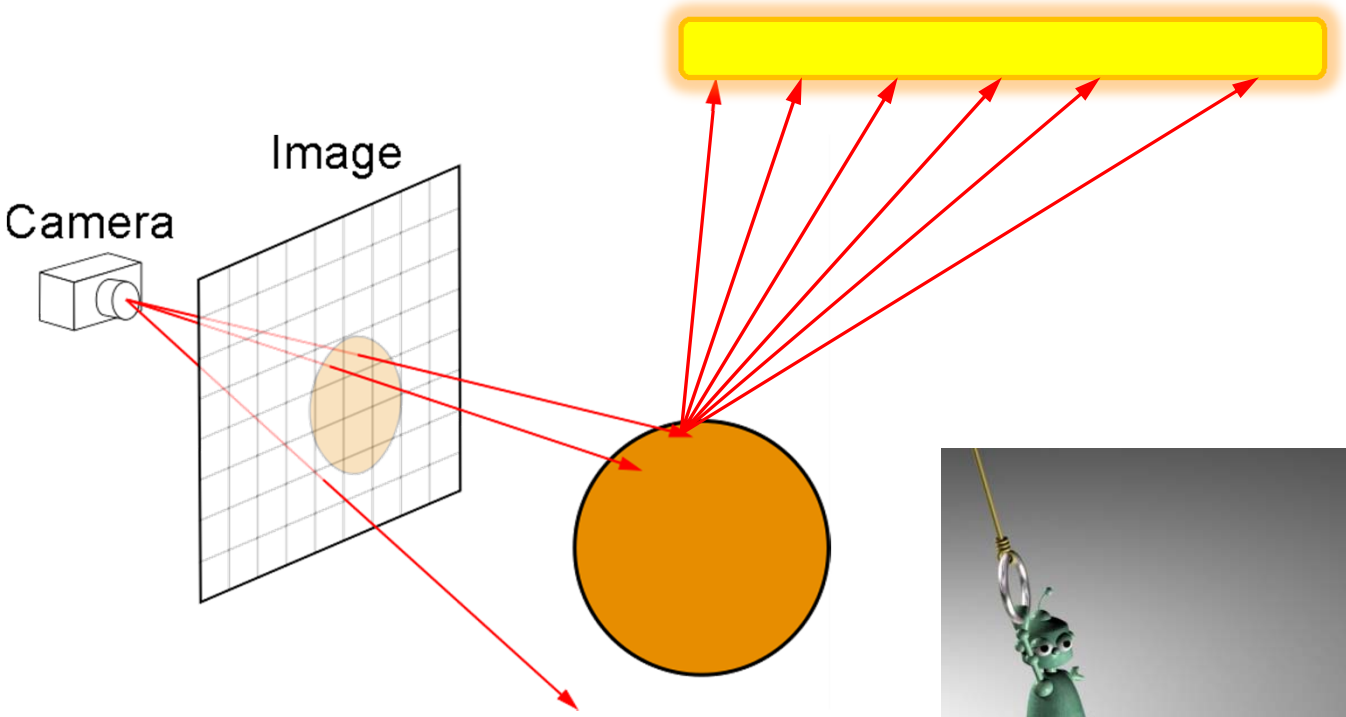
- Il a fallu plusieurs années avant que les gens ont non-seulement formulé l'équation de rendu mais aussi noter qu'un lanceur de rayons pouvais servir à le résoudre

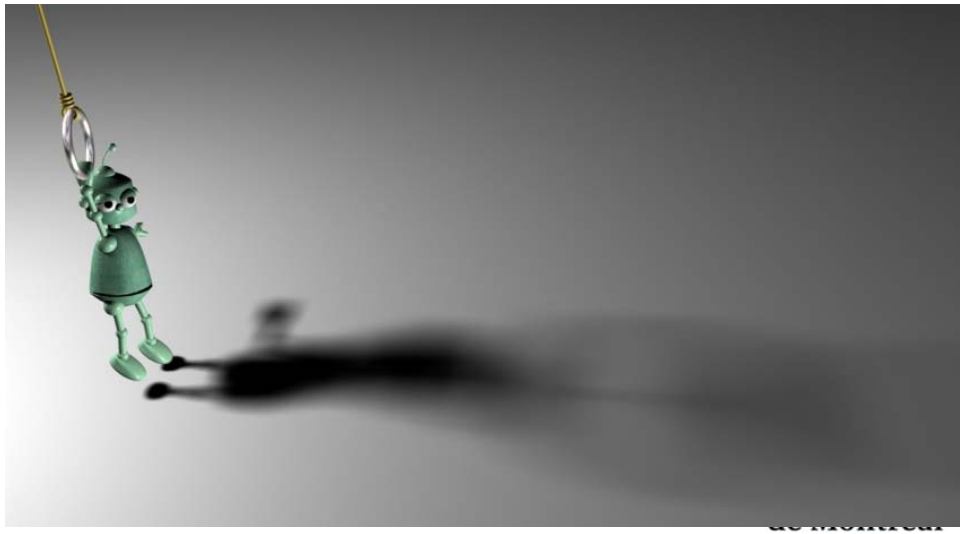
- Plusieurs effets d'illumination avancés peuvent être **facilement** implémentés avec un arbre de rayons récursif et/ou distribué …

(et alors dans un lanceur de rayons)

Évolution & extensions: lancer de rayons

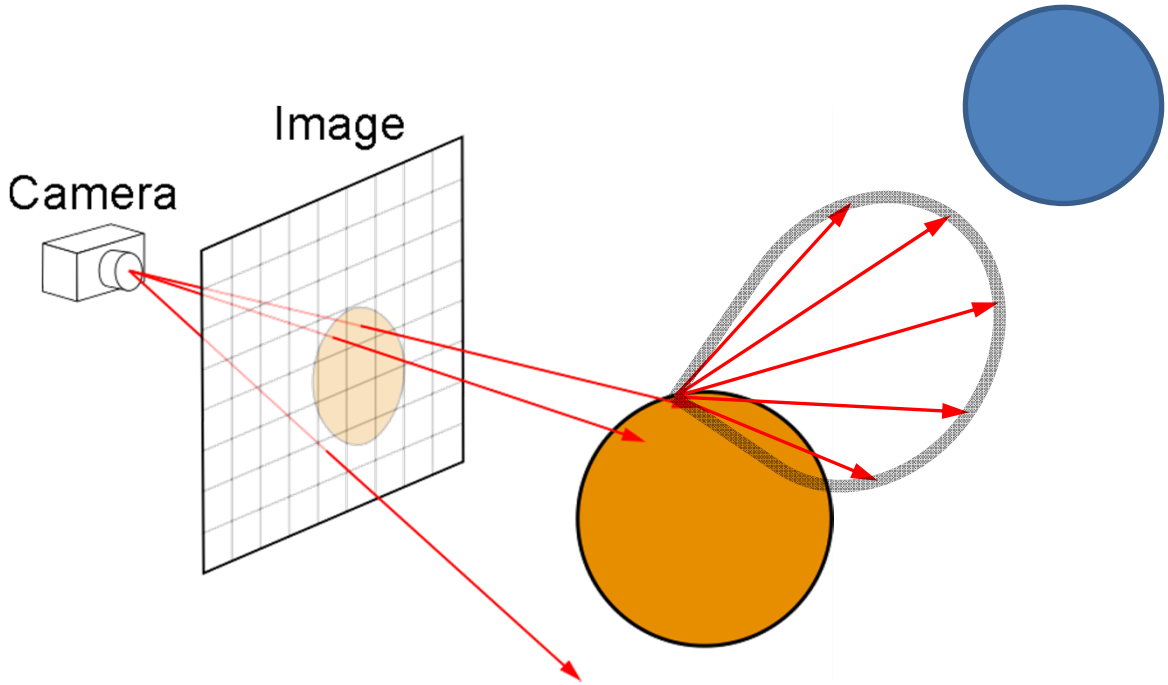
- Ombres étendues

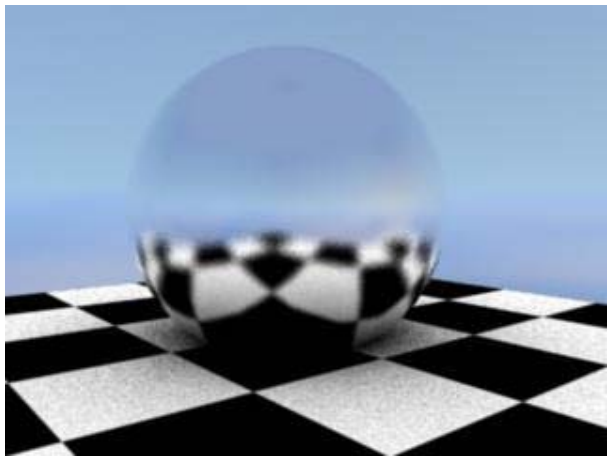


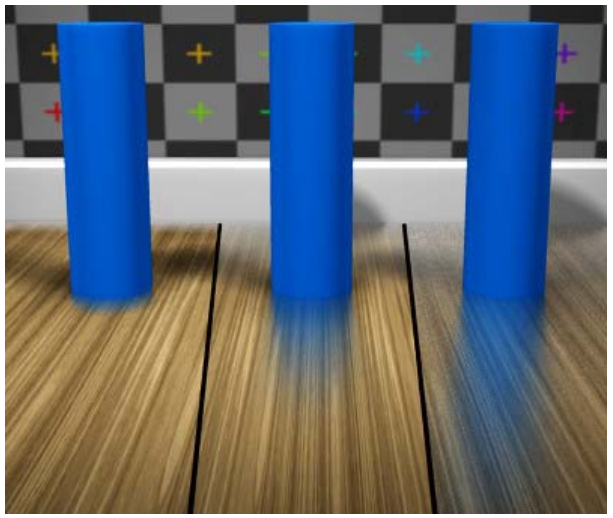


Évolution & extensions: lancer de rayons

- Réflexion *glossy* (distribué)



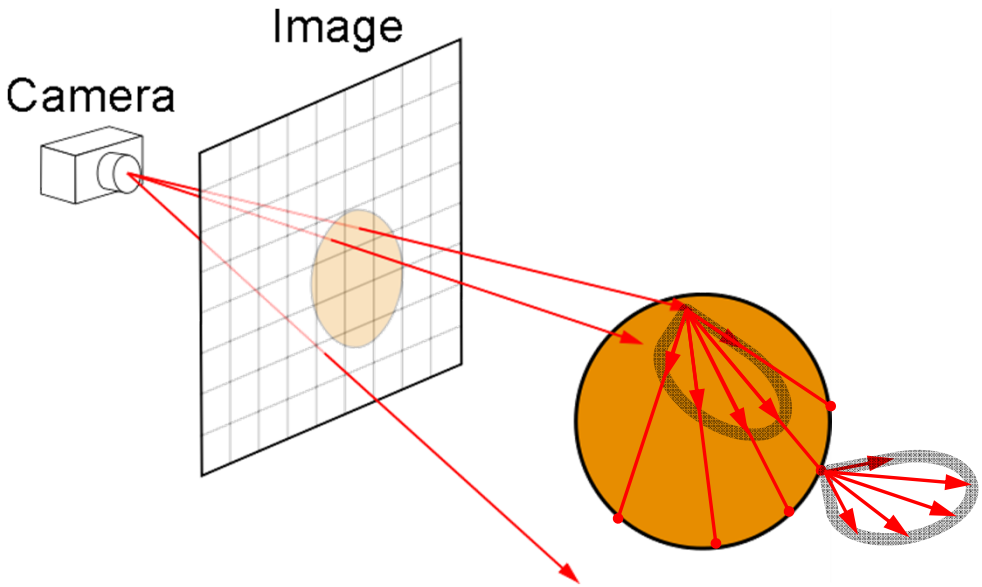


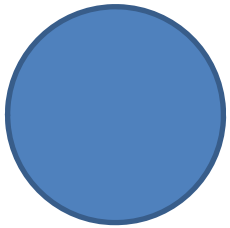


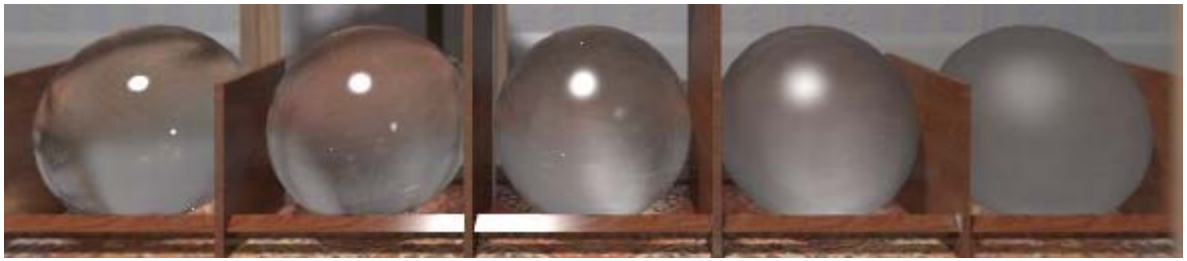
Université de Montréal

Évolution & extensions: lancer de rayons

- Transmission/réfraction *glossy* (distribué)



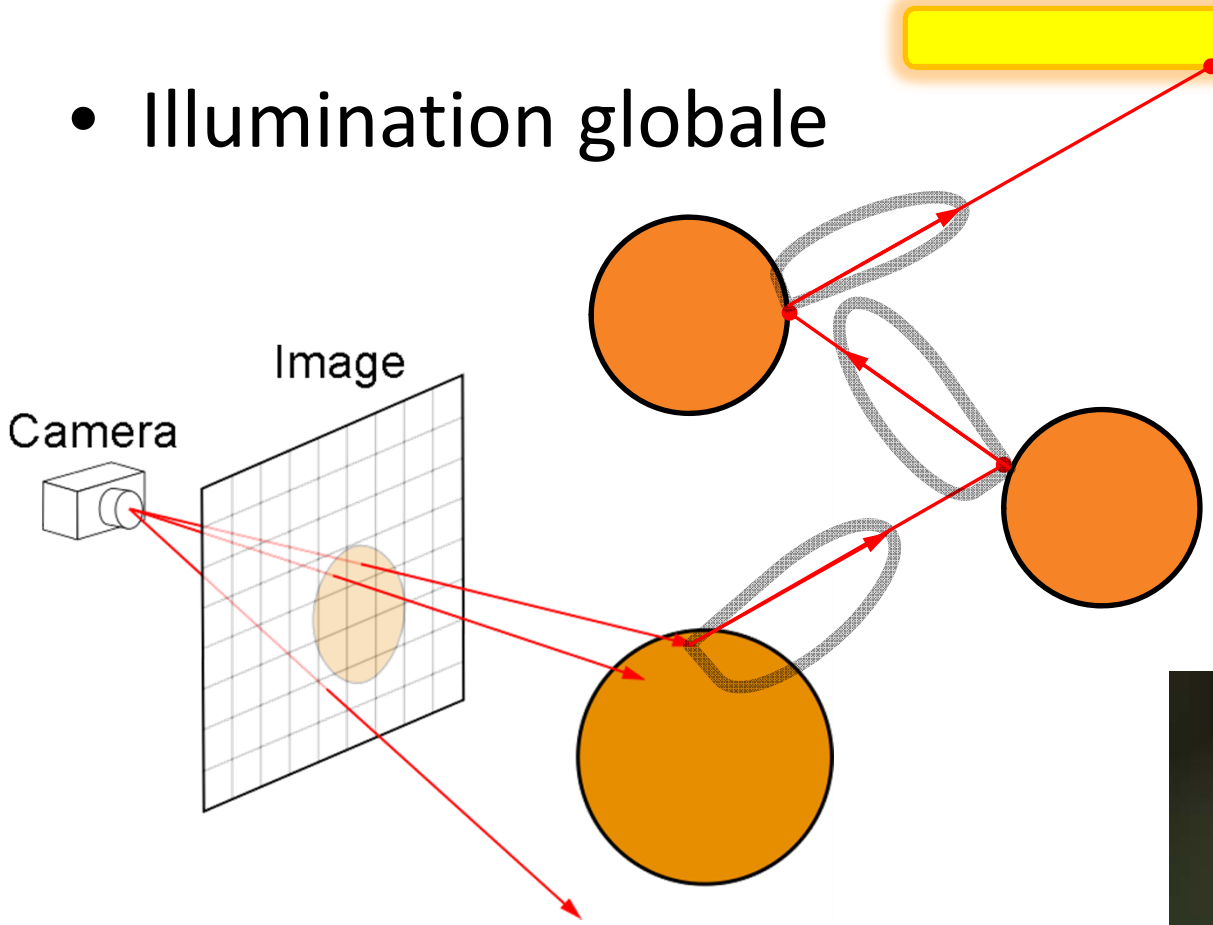




de Montréal

Évolution & extensions: lancer de rayons

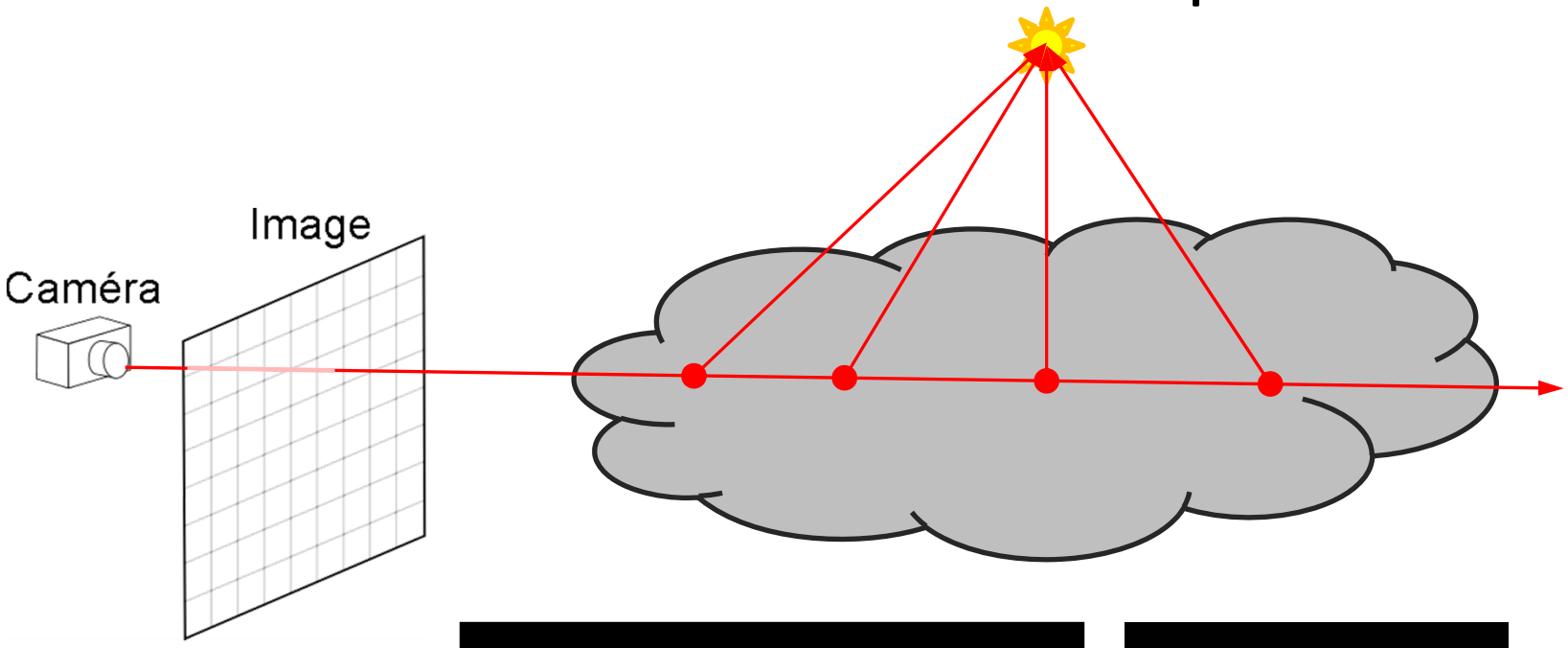
- Illumination globale



de Montréal

Évolution & extensions: lancer de rayons

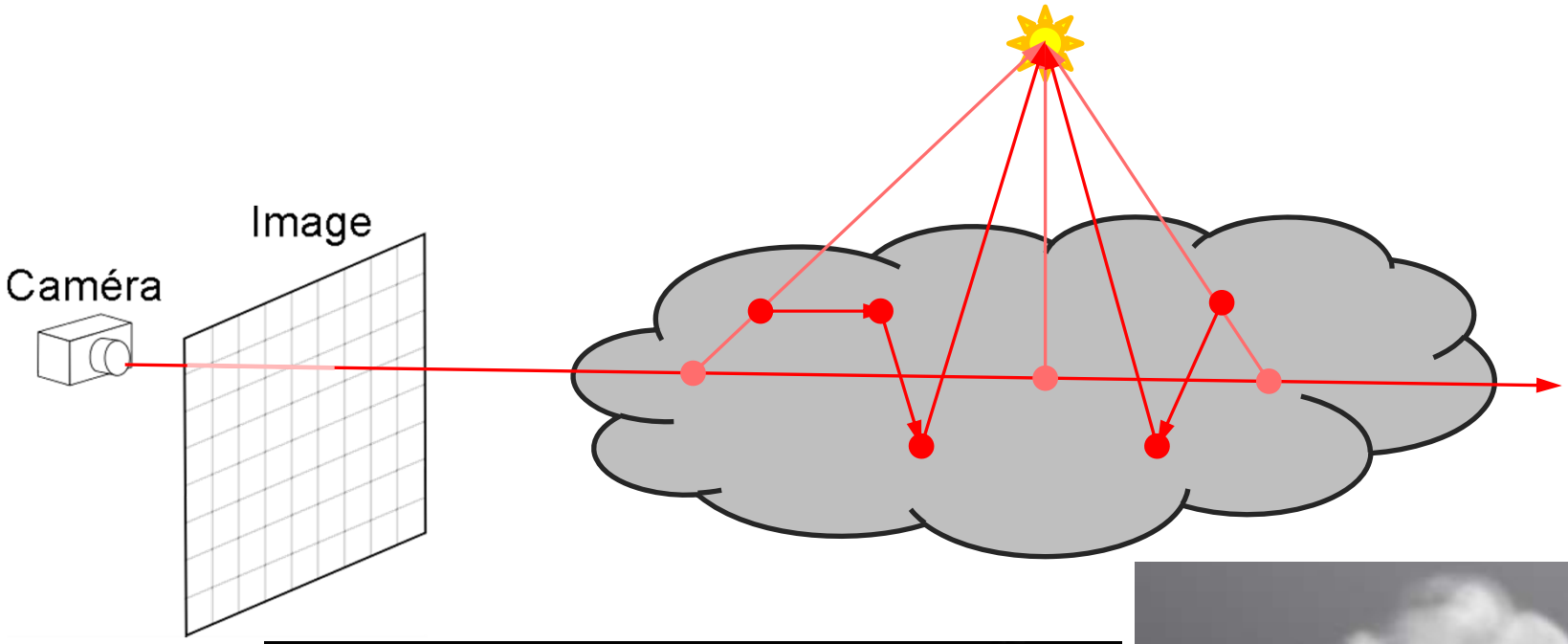
- Illumination directe volumétrique

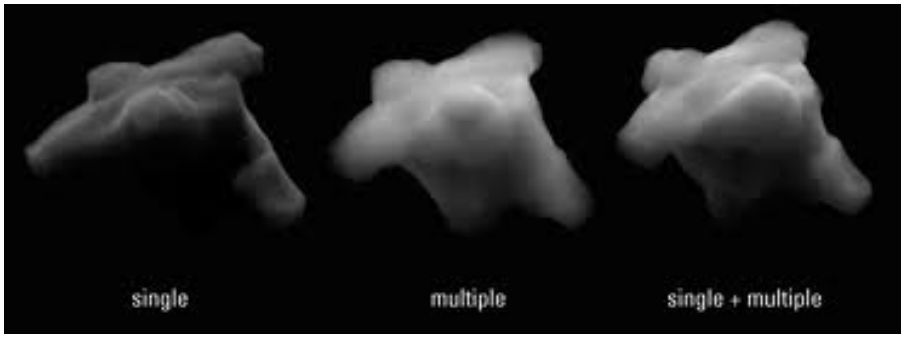


Université de Montréal

Évolution & extensions: lancer de rayons

- Illumination globale volumétrique





Le future: lancer de rayons

- Comme l'incorporation d'illumination complexes est plus simple dans ce système, un des défis fondamentaux se concerne avec les calculs d'intersection:
  - Quand la scène change dynamiquement
  - Quand la géométrique s'approche une résolution sous-pixel
  - Quand la cohérence en espace rayons n'est pas maintenu
  - Les implémentations sur HW
- Celui-ci comprend la conception des nouveaux structures d'accélération. Par exemple, …
- Les améliorations aux modèles mathématiques d'illumination sont souvent facile à intégrer dans un lanceur de rayons

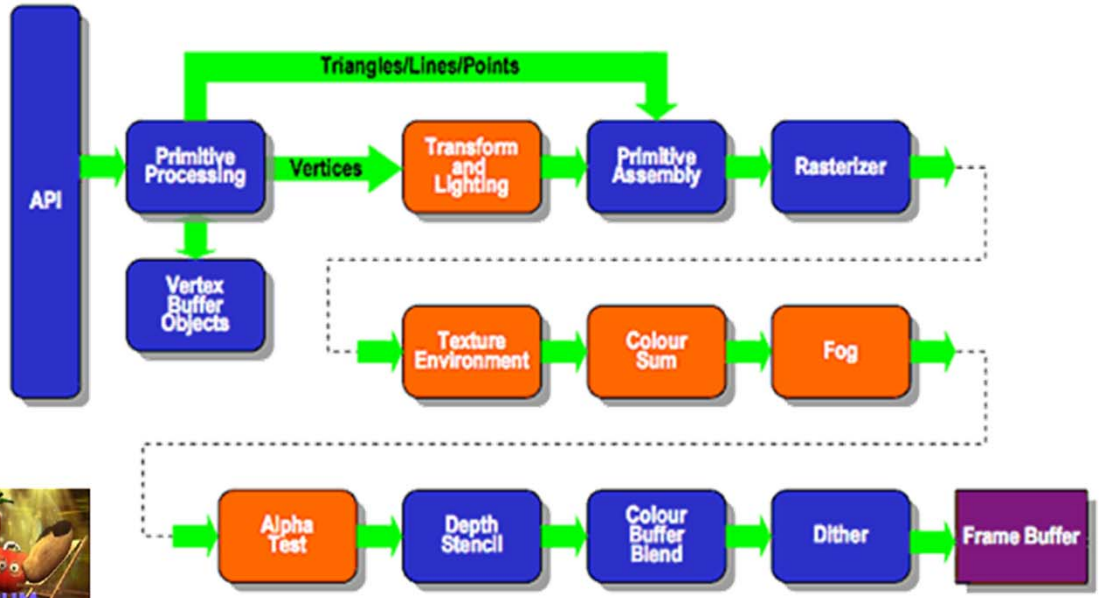
Université de Montréal

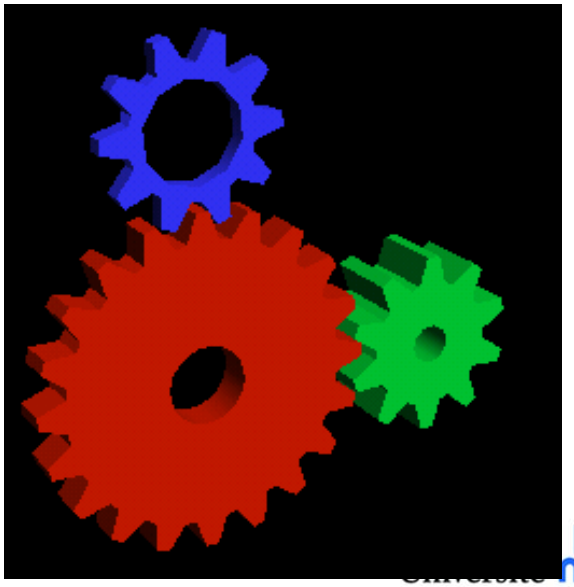
Évolution & extensions: rastérisation

- Un système de rastérisation de base doit convertir entre une représentation vectorielle de la scène à un représentation *raster*/image en:
  - Appliquant des transformations pour apporter tous les objets 3D en espace monde
  - Suivi par un transformation de projection pour les projeter sur le plan de vue
  - L'application des algorithmes de clipping (aussi faisable en espace non-projeter)
  - Et finalement le remplissage et les tests de visibilité

Évolution & extensions: rastérisation

- Le premier système de rastérisation standardiser était celle de OpenGL v1 introduit par SGI en 1992
- Le spécification pouvait être réalisé en logiciel ou sur HW selon les étapes **fixed** suivants:

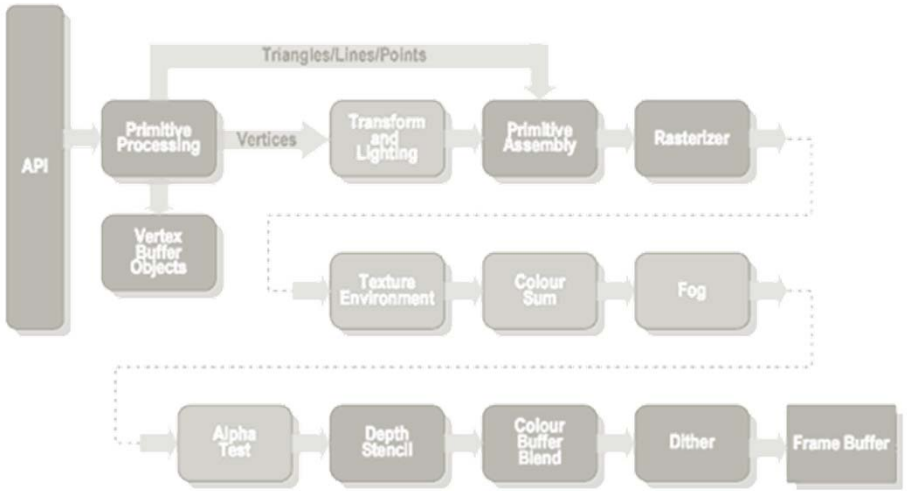


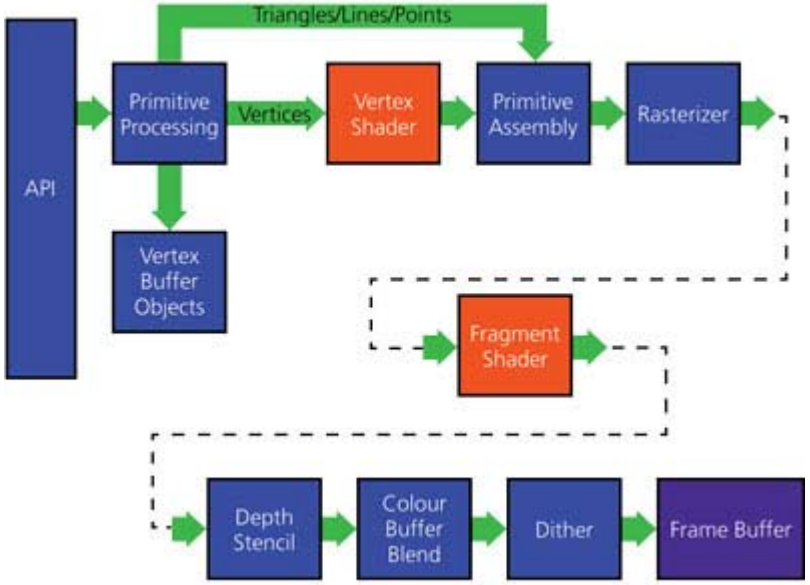


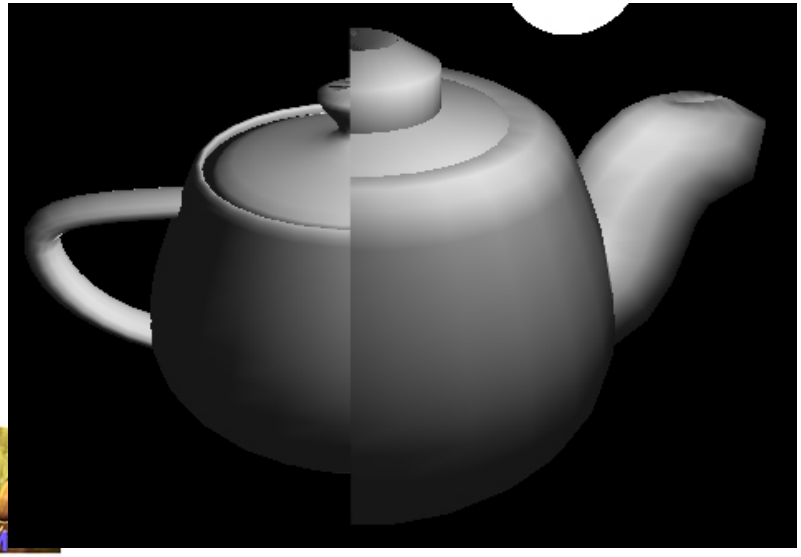
Évolution & extensions: rastérisation

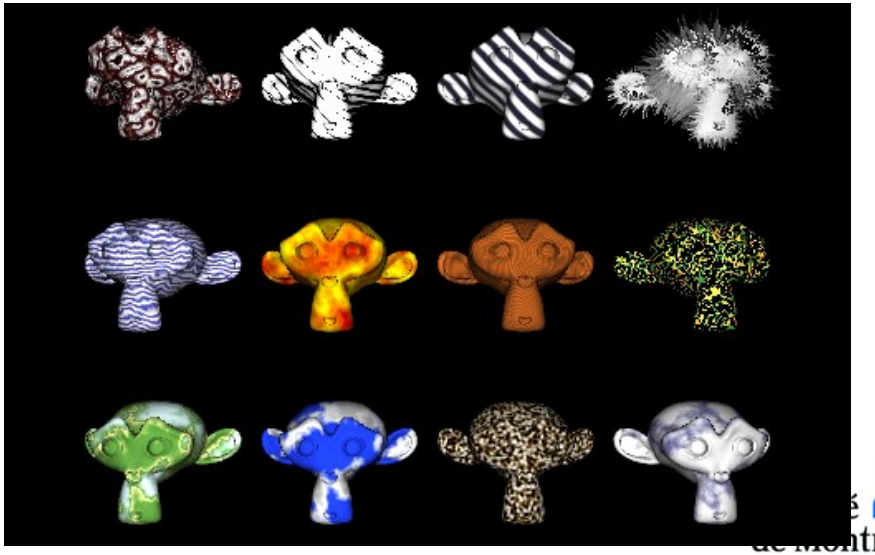
- Le succès des composants programmable dans le pipeline REYES a promu l'utilisation des *texture combiners* pour le calcul des effet faiblement programmable, et cela servira comme catalyseur pour l'évolution du pipeline OGL
- OpenGL v1.5 introduit les premières composantes programmable dans son pipeline:
  - Les vertex shaders et les pixel (fragment) shaders
    - Ces deux composantes peuvent facilement être parallélisé

Évolution & extensions: rastérisation





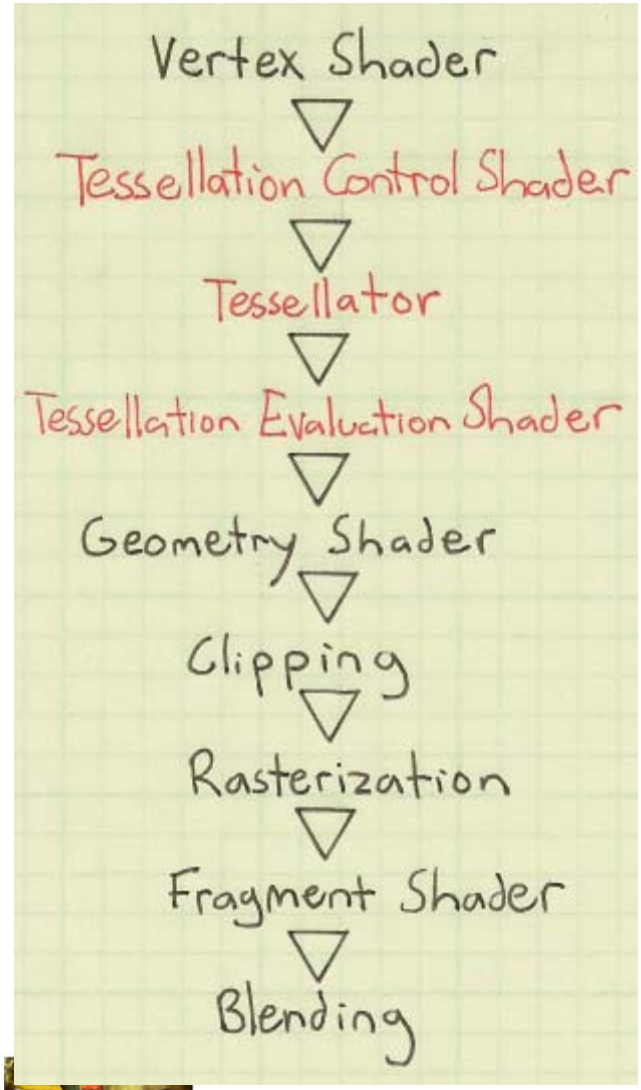


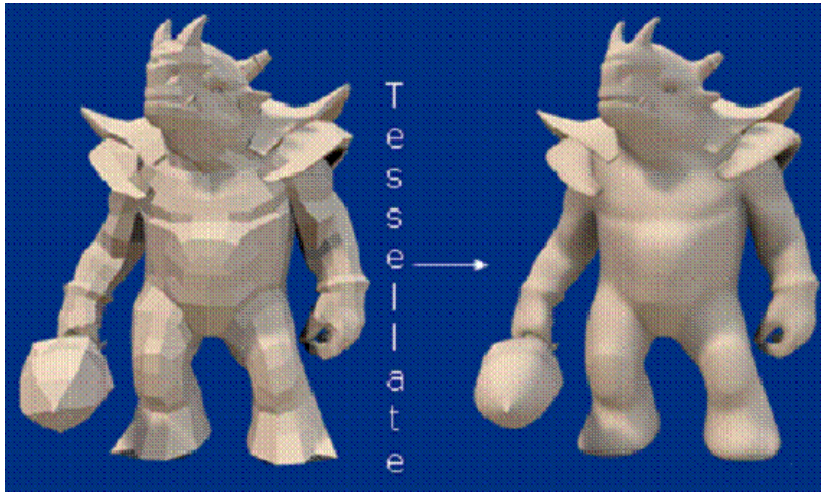


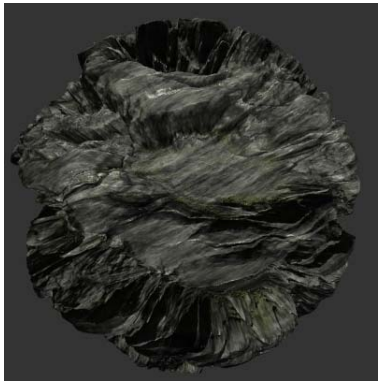
Évolution & extensions: rastérisation

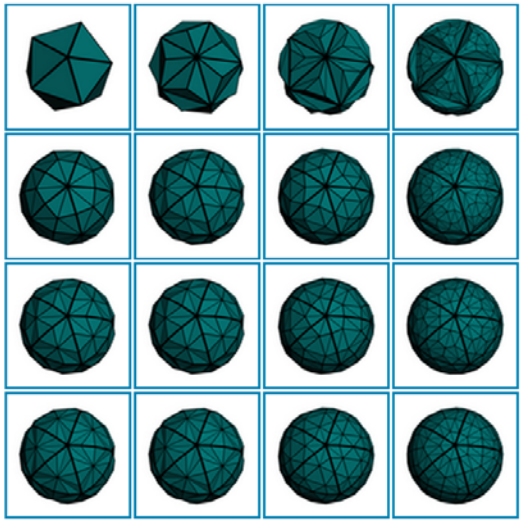
- Les prochaines quelques phases d'évolution du pipeline (programmable) de rastérisation ce concerne avec la génération et modification procédurale de géométrie dans la scène
  - Les choses commencent à ressemble à un moteur de micropolygon…
- Les versions OGL 3.2 et 4.0 ont introduit les *geometry shaders*, et les *tessellation-control* et *tessellation-evaluation shaders**

Évolution & extensions: rastérisation





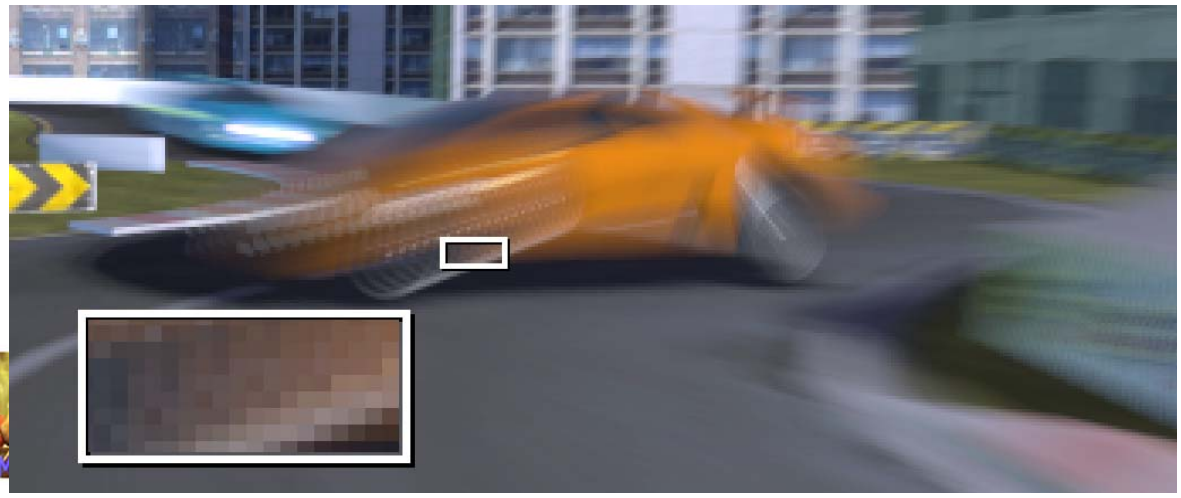


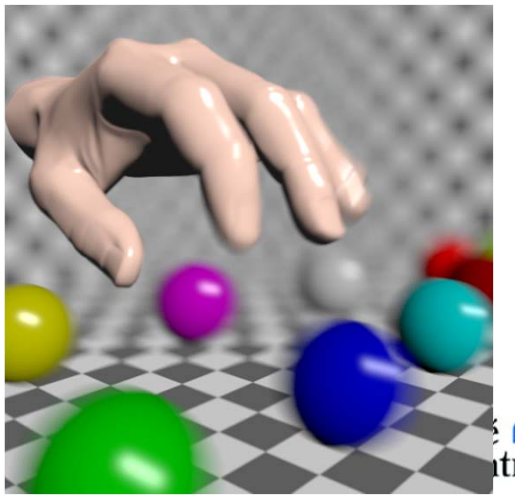


Université de Montréal

Le future: rastérisation

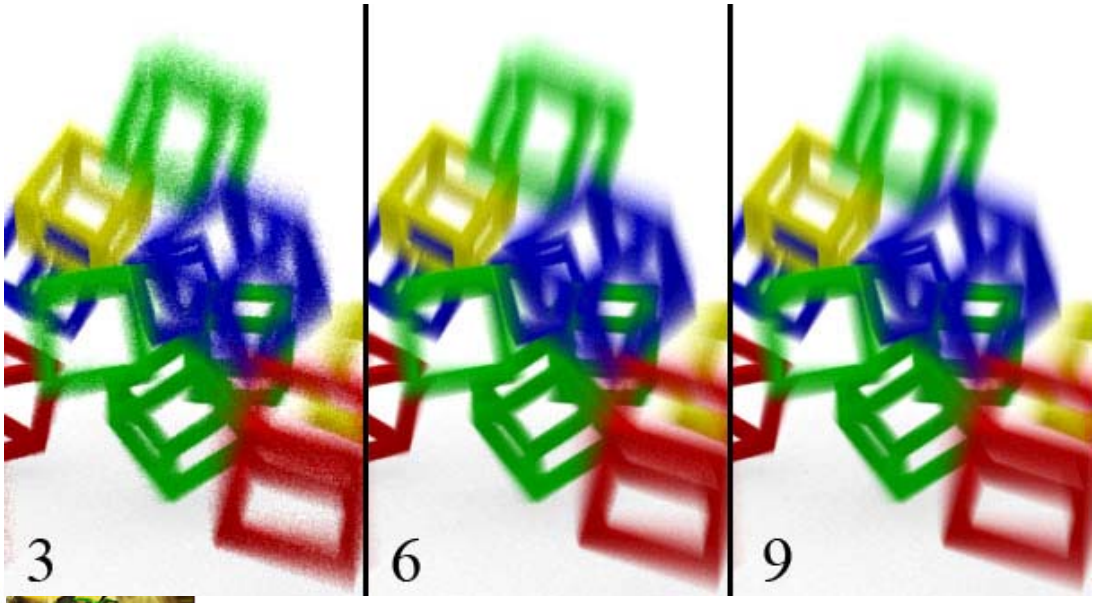
- Drôlement, tout les systèmes ce rapprochent
- Le future de rastérisation commence à suivre:
  - L'intégration d'un manière fondamentale des effets de distribution avec la *rastérisation stochastique*
  - L'utilisation des structures hiérarchiques pour gérer des scènes plus complexes ainsi que les calculs de visibilité
  - Rendre les calculs incohérent plus cohérent
- Ne risque pas de disparaître dans les prochaines 10 ans

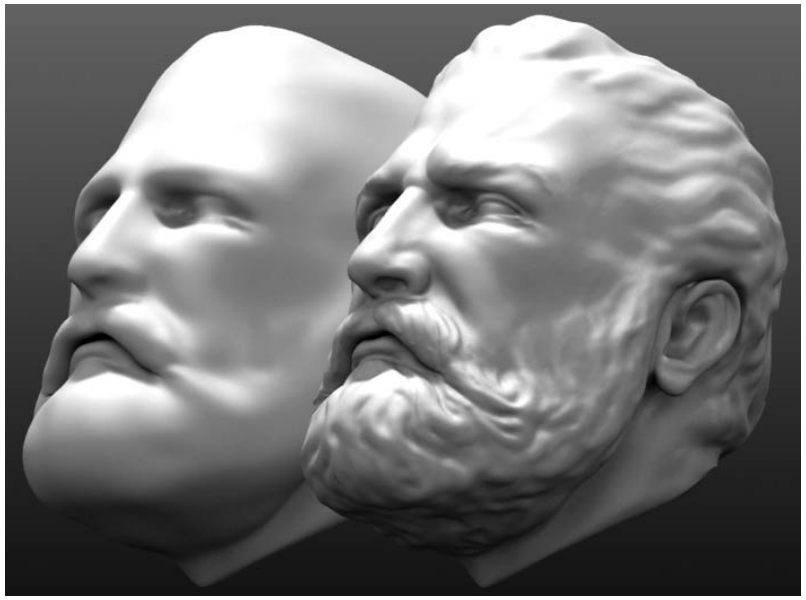




Évolution & extensions: micropolygon

- Comme les buts originaux de l'architecture de rastérisation micropolygon visaient la complexité et la réalisme, il n'est pas surprenant qu'elle a évolué selon ses axes…





Université de Montréal

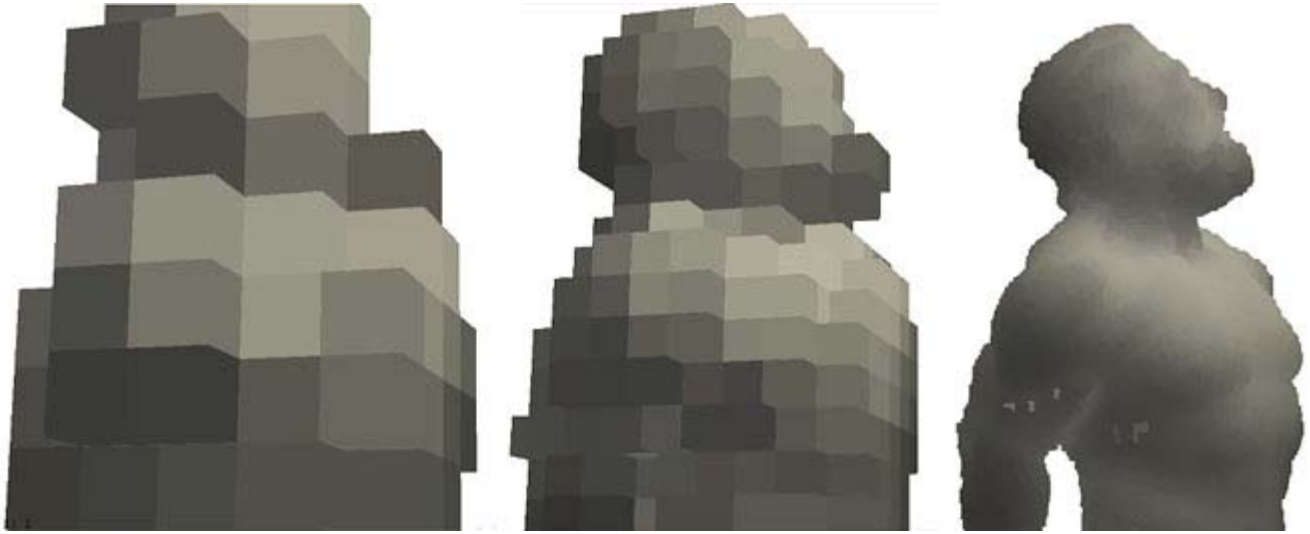
Évolution & extensions: micropolygon

- Afin de gérer des scènes de plus en plus complexes d'une manière adaptif, un des premiers extensions de PRMan était un représentation hiérarchique d'illumination et de géométrie, le *brickmap*, conçu selon deux observations:
  - le montant de détails nécessaires au loin est réduits, et
  - les effets distribués peuvent échantillonner (avec un taux réduit) selon des représentations filtrés

Université de Montréal

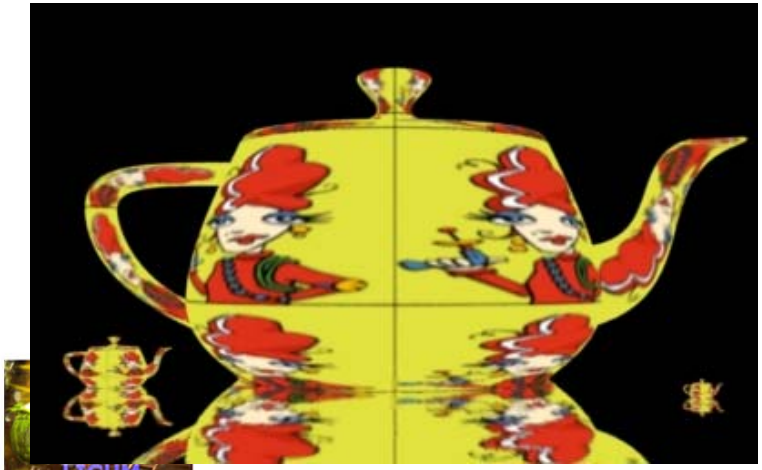
Évolution & extensions: micropolygon

- Afin de gérer des scènes de plus en plus complexes d'une manière adaptif, un des premiers extensions de PRMan était un représentation hiérarchique d'illumination et de géométrie, le *brickmap*, conçu selon deux observations:
  - le montant de détails nécessaires au loin est réduits, et
  - les effets distribués peuvent échantillonner (avec un taux réduit) selon des représentations filtrés



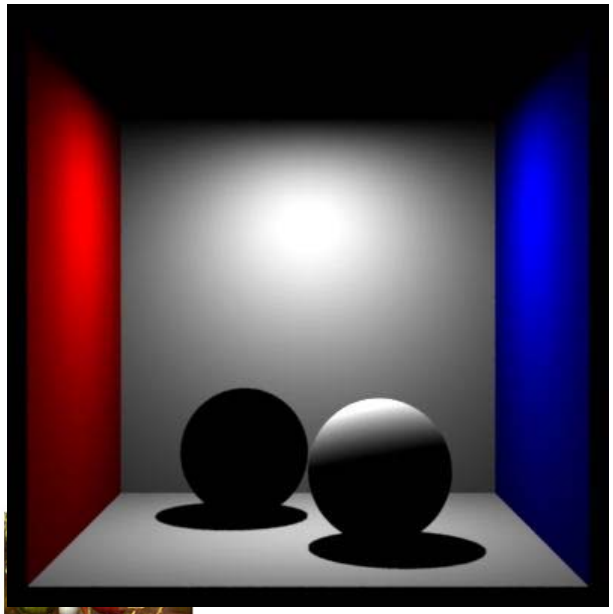
Évolution & extensions: micropolygon

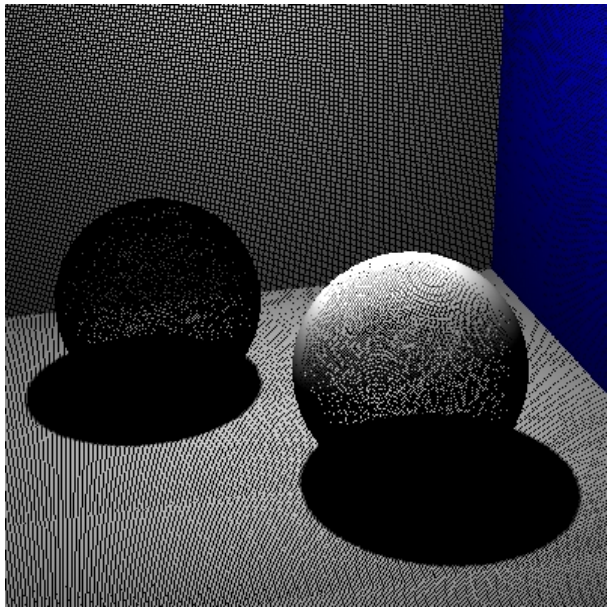
- Afin de gérer des scènes de plus en plus complexes d'une manière adaptif, un des premiers extensions de PRMan était un représentation hiérarchique d'illumination et de géométrie, le *brickmap*, conçu selon deux observations:
  - le montant de détails nécessaires au loin est réduits, et
  - les effets distribués peuvent échantillonner (avec un taux réduit) selon des représentations filtrés

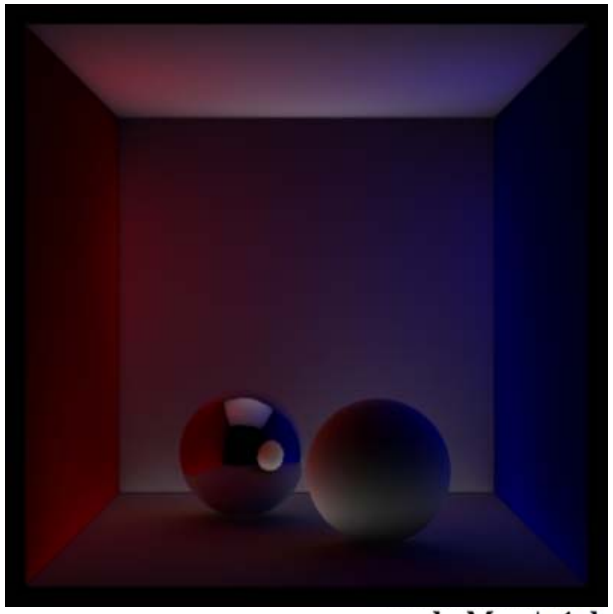


Évolution & extensions: micropolygon

- Similairement, une représentation de point peuvent être utilisée d'une manière hiérarchique afin de sélectionner un niveau de détail suffisant pour le calcul de différent types d'effets



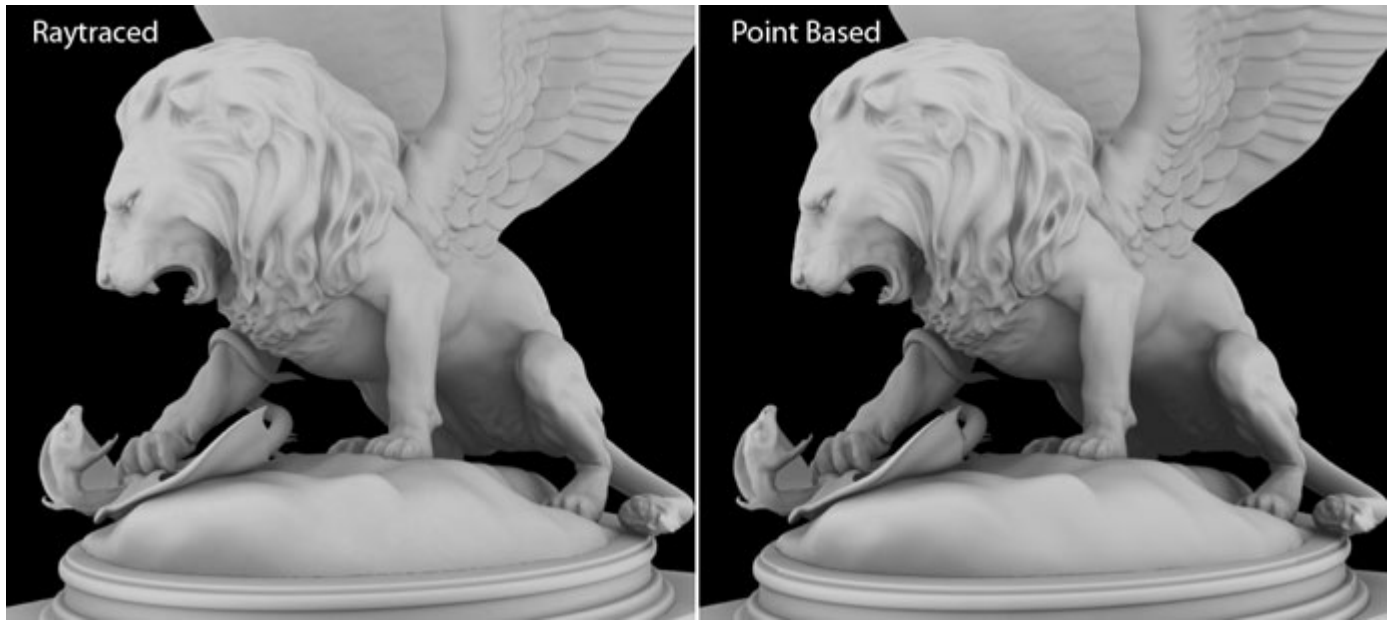




de Montréal

Évolution & extensions: micropolygon

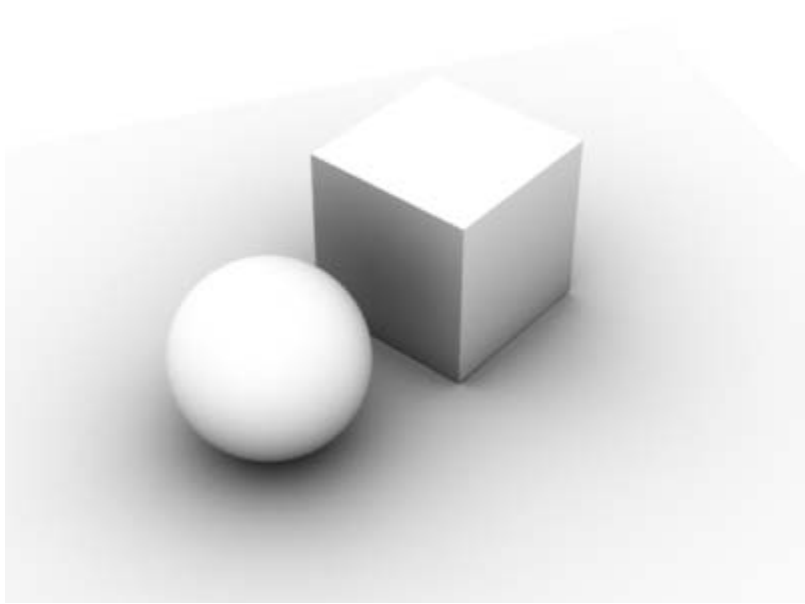
- Similairement, une représentation de point peuvent être utilisée d'une manière hiérarchique afin de sélectionner un niveau de détail suffisant pour le calcul de différent types d'effets

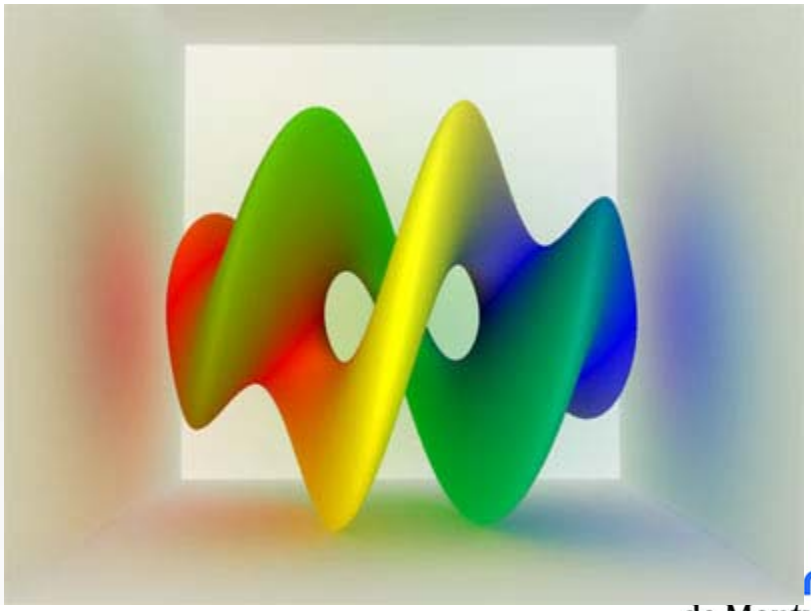


Université de Montréal

Évolution & extensions: micropolygon

- Similairement, une représentation de point peuvent être utilisée d'une manière hiérarchique afin de sélectionner un niveau de détail suffisant pour le calcul de différent types d'effets

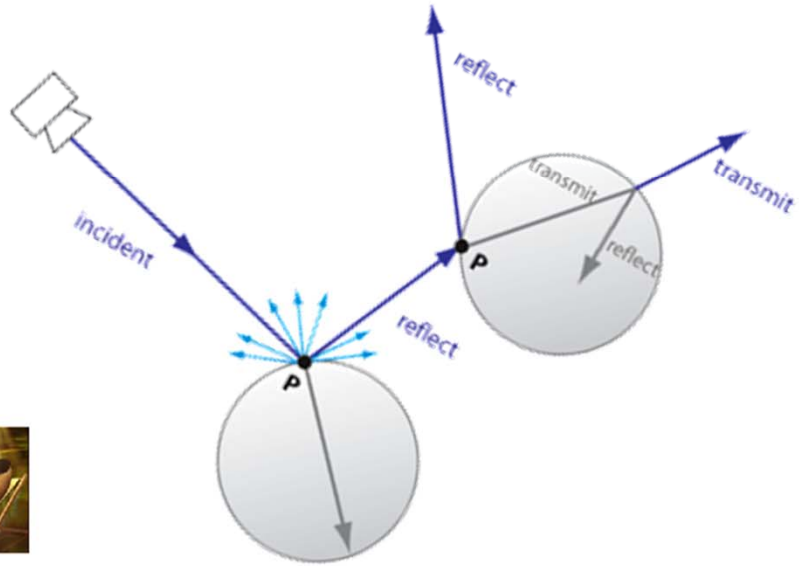


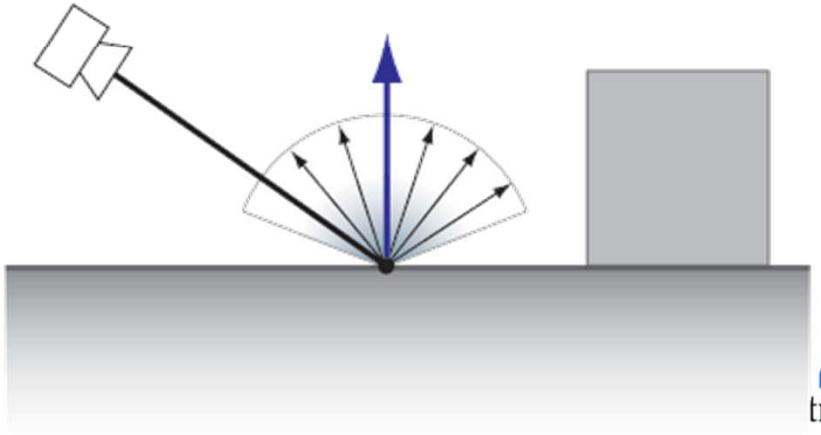


de Montréal

Évolution & extensions: micropolygon

- L'intégration d'un moteur de lancer dans PRMan a permis la simulation des effets plus réaliste
  - Pour (continuer à) gérer les scènes complexes, sans toujours respecter une exactitude mathématique, les représentations brickmap et PB sont aussi supporter dans le cadre de ce sous-système de lancer de rayons

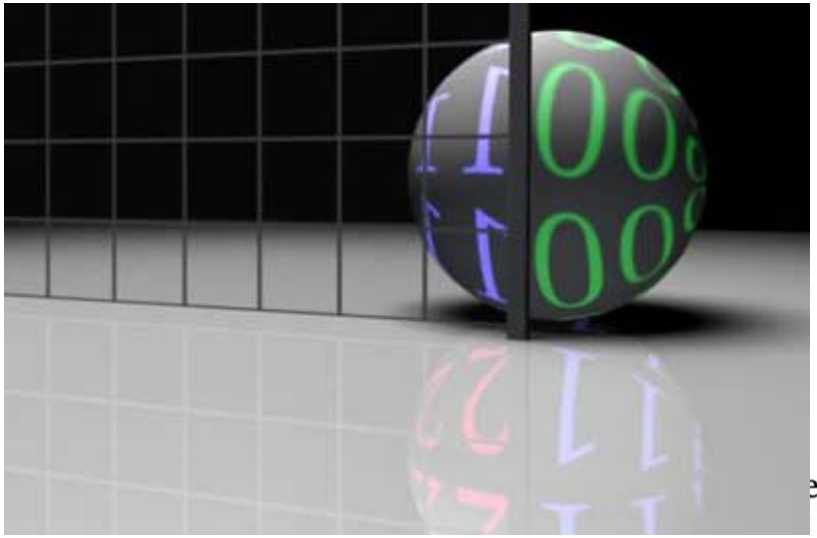




tréal

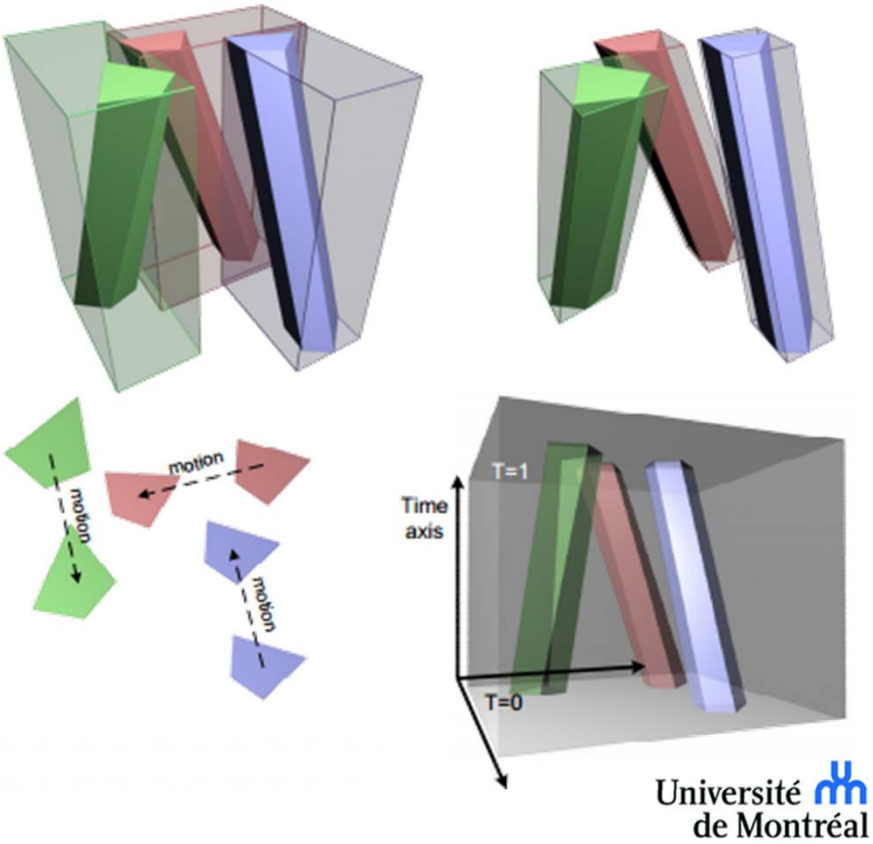
Évolution & extensions: micropolygon

- L'intégration d'un moteur de lancer dans PRMan a permis la simulation des effets plus réaliste
  - Pour (continuer à) gérer les scènes complexes, sans toujours respecter une exactitude mathématique, les représentations brickmap et PB sont aussi supporter dans le cadre de ce sous-système de lancer de rayons



Évolution & extensions: micropolygon

- Il est important de maintenir le support pour chaque effet avec chaque sous-système



Université de Montréal

Évolution & extensions: micropolygon

- Implémentation GPU
  - Il est très important d'avoir des résultats uniformes à travers les implémentations

Comment choisir un système

- Modèle d'illumination locale ou globale?
  - Besoin de quel type d'information de la scène à chaque élément de calcul?
  - Parallélisassions?
- Cohérence (ou non) en "espace rayons"
- Quel type de représentation géométrique
- Est-ce que vous avez besoin: d'éfficacité, de précision, tous les deux?
- Il devient de plus en plus fréquent qu'une combinaison de système/représentation sont nécessaires pour atteindre une haute performance

Université de Montréal