



*Rendu réaliste en synthèse d'images.*

Le lancer de rayons



DESS I2N

- 1999-2000 -

Lancer de rayons

## *Accélération du Lancer de Rayons*

Structures de données, algorithmes et matériels spécifiques.

DESS I2N

- 1999-2000 -

Lancer de rayons



## *Organisation*

---


### Accélération du lancer de rayons

- Objectifs
- Hiérarchie de volumes englobants
- Subdivision spatiale régulière et irrégulière
- Accélération matérielle

DESS I2N

- 1999-2000 -

Lancer de rayons



## *Techniques d'accélération*

---

### Réduction du nombre de rayons lancés

- Utilisation de la cohérence spatiale
- Entités plus générales que le rayon

### Réduction du coût des intersections

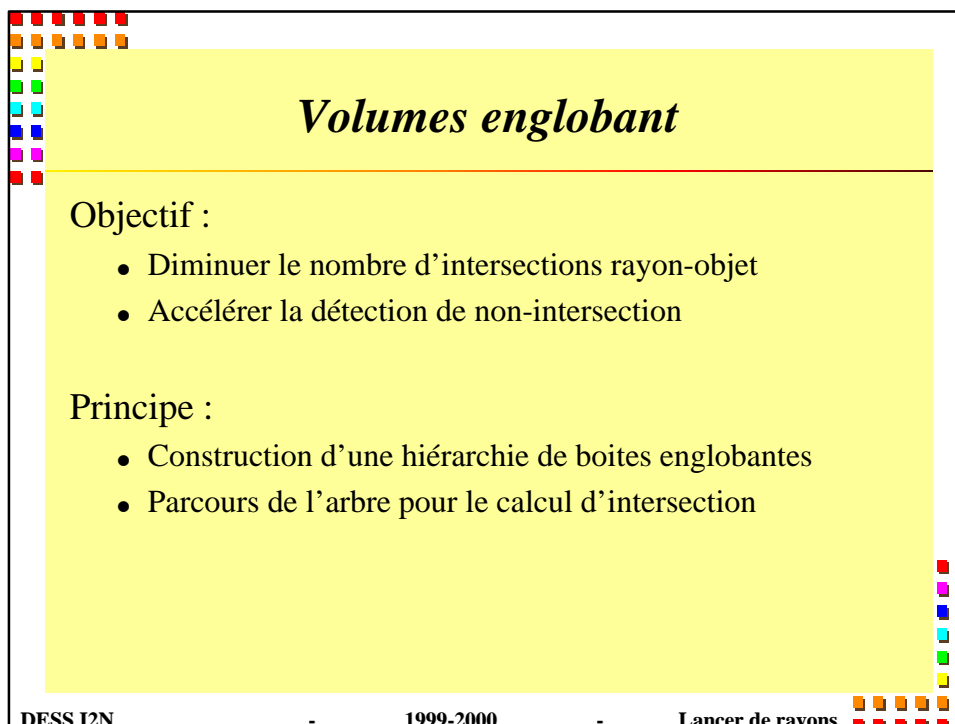
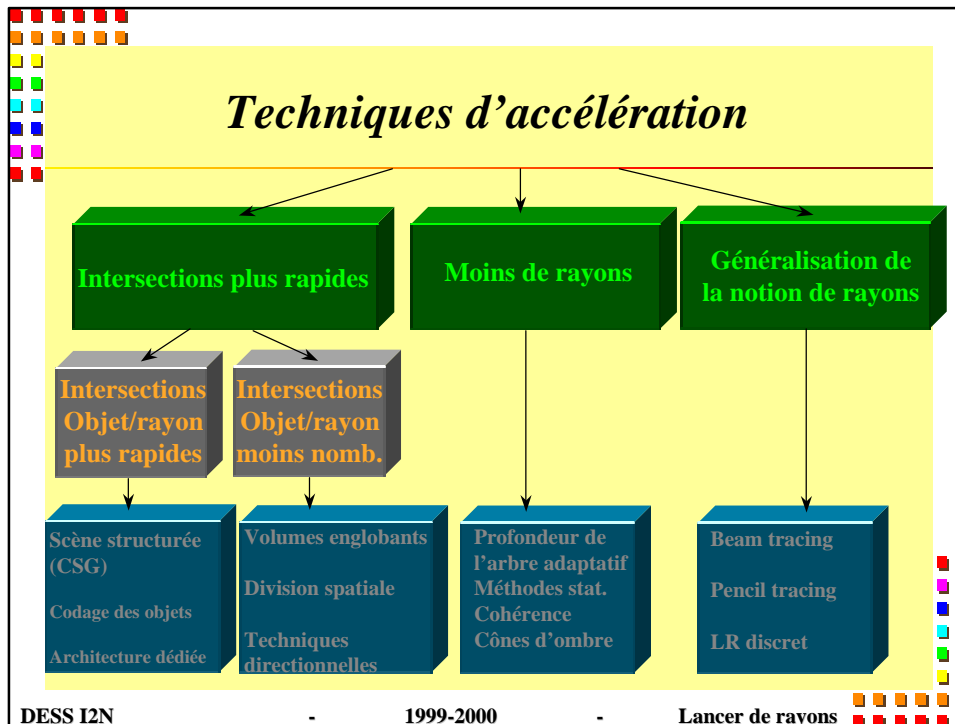
- Primitives plus simple et arbre CSG
- Réduction du nombre d'intersections calculées
- Traitement matériel des intersections

DESS I2N

- 1999-2000 -

Lancer de rayons

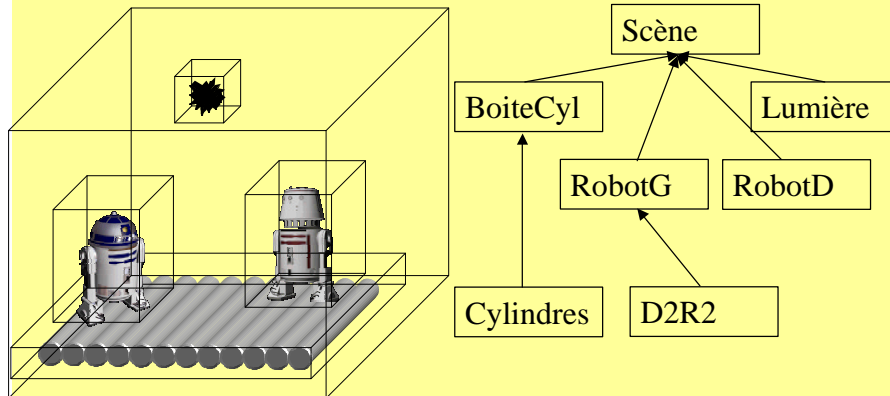




## Volumes englobant

Construction de la hiérarchie :

- En général, construction montante



DESS I2N

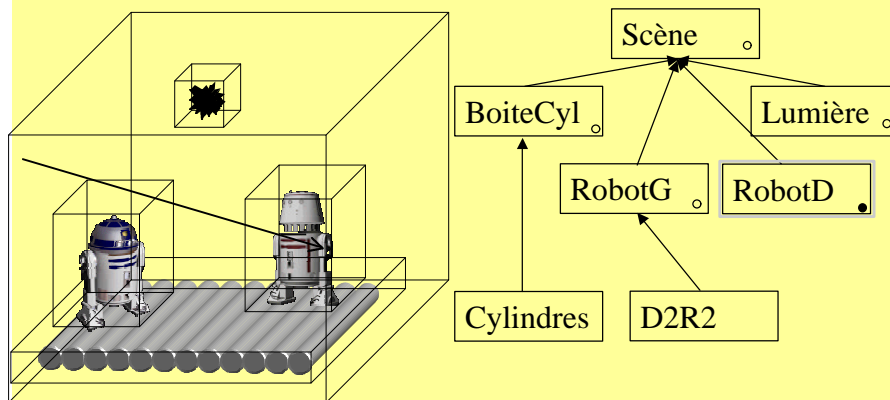
1999-2000

Lancer de rayons

## Volumes englobant

Utilisation de la hiérarchie :

- En général, en profondeur d'abord



DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

## *Volumes englobant*

### Avantages :

- Simplicité de mise en œuvre
- Bonne efficacité

### Inconvénients :

- Précision des volumes englobants
  - Slabs, boîte min-max, sphère
- Difficulté de construction (surtout si scène fermée)

## *Subdivision spatiale*

### Objectif :

- Diminuer le nombre d'intersections rayon-objet
- Accélérer la détection de non-intersection
- Accélérer la détection d'une intersection

### Principe :

- Construction d'une grille fixe ou adaptative
- Parcours incrémental de la grille

## *Subdivision régulière*

Principe :

- L'espace est subdivisé en une grille de  $N^3$
- Les rayons sont considérés comme des droites discrètes de  $N^3$
- Utilisation d'algorithmes de tracé de droites discrètes pour le suivi du rayon

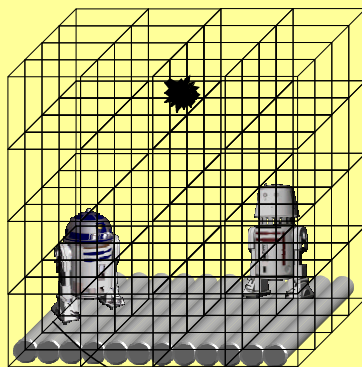
DESS I2N

- 1999-2000

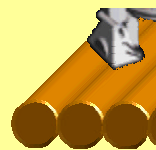
- Lancer de rayons

## *Subdivision régulière*

Découpage de la scène en voxels



Liste d'objets contenus associée à chaque voxel



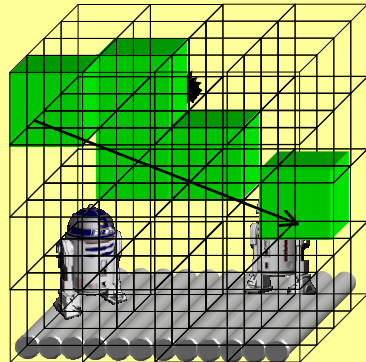
DESS I2N

- 1999-2000

- Lancer de rayons

## *Subdivision régulière*

Propagation du rayon



Dès qu'une intersection est trouvée, arrêt de la propagation

Dès qu'une intersection est trouvée, arrêt de la propagation

DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

## *Subdivision régulière*

Avantages :

- Construction facile de la grille
- Utilisation de calculs entiers pour la propagation des rayons => ASIC ?

Inconvénients :

- Répartition hétérogène des objets dans les voxels
- Coût de stockage important

DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

# Octree

## Objectif :

- Diminuer le coût de propagation d'un rayon dans un espace discret.

## Principe :

- Subdivision irrégulière de la scène.
- Construction descendante des voxels.
- Organisation en arbre octal indexé

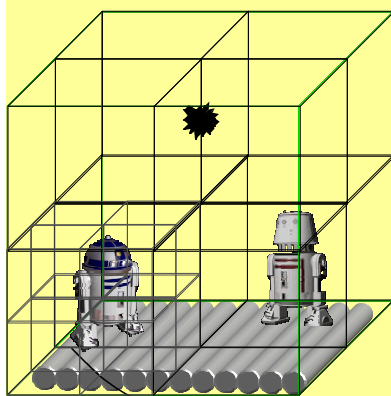
DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

# Octree

## Construction descendante



Initialisation du Bounding Box

Liste d'objets contenus associée à chaque voxel



DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons



# Octree

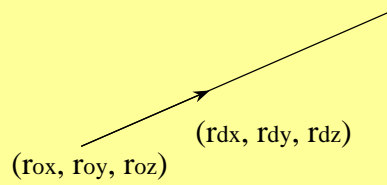
## Représentation du rayon

- Demi-droite paramétrique orientée

$$x(t) = r_{ox} + t * r_{dx}$$

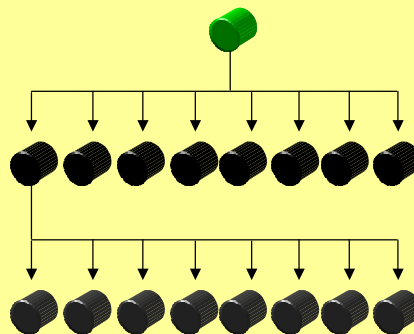
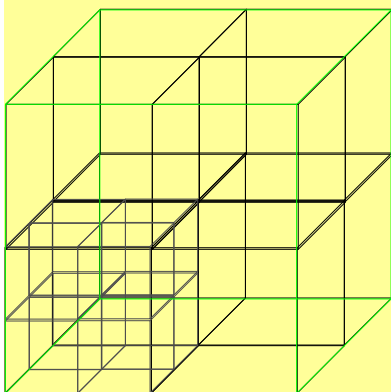
$$y(t) = r_{oy} + t * r_{dy}$$

$$z(t) = r_{oz} + t * r_{dz}$$



# Octree

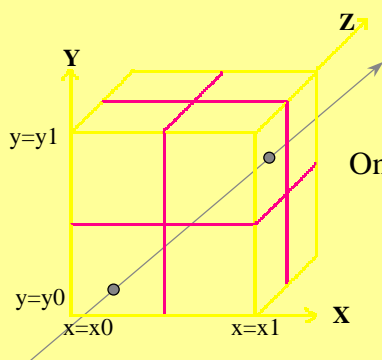
## Représentation et stockage de l'arbre



## Traversée de l'octree

### Hypothèse simplificatrice

- La direction du rayon est positive



$$x(t) = r_{ox} + t * r_{dx}$$

$$y(t) = r_{oy} + t * r_{dy}$$

$$z(t) = r_{oz} + t * r_{dz}$$

On calcule 6 paramètres pour le nœud q

$$t_{x_i}(q) = (x_i(q) - r_{ox}) / r_{dx}$$

$$t_{y_i}(q) = (y_i(q) - r_{oy}) / r_{dy}$$

$$t_{z_i}(q) = (z_i(q) - r_{oz}) / r_{dz}$$

$$i = \{0, 1\}$$

DESS I2N

1999-2000

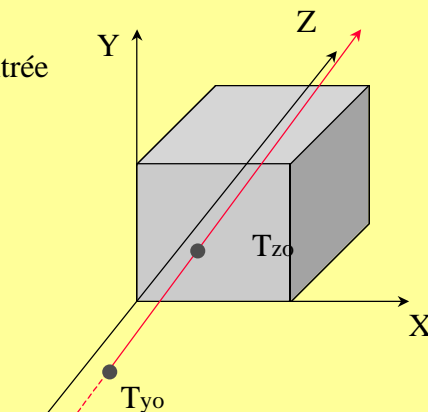
Lancer de rayons

## Traversée de l'octree

Déterminer le premier nœud :

Détermination du plan d'entrée

Maximum	Plan d'entrée
$T_{x_0}$	YZ
$T_{y_0}$	XZ
$T_{z_0}$	XY



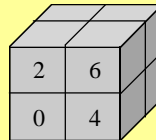
DESS I2N

1999-2000

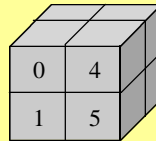
Lancer de rayons

## Traversée de l'octree

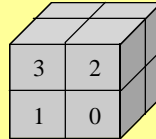
Plan d'entrée XY:



Plan d'entrée XZ:



Plan d'entrée YZ:



DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

## Traversée de l'octree

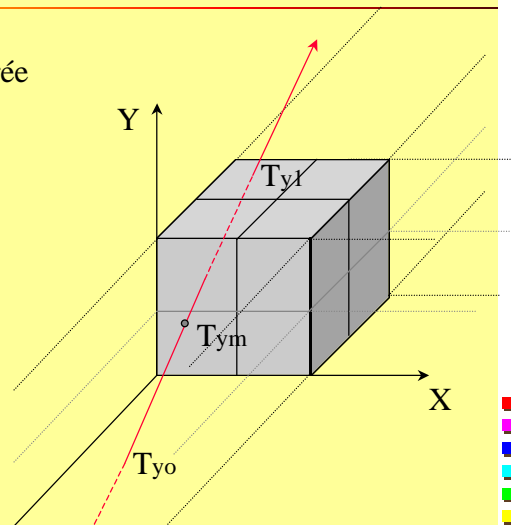
Détermination du nœud d'entrée

Calcul de  $T_{xm}$ ,  $T_{ym}$ ,  $T_{zm}$

$$T_{xm} = (T_{x0} + T_{x1}) / 2$$

$$T_{ym} = (T_{y0} + T_{y1}) / 2$$

$$T_{zm} = (T_{z0} + T_{z1}) / 2$$



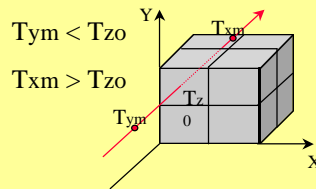
DESS I2N

1999-2000

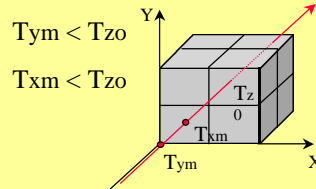
Lancer de rayons

## Traversée de l'octree

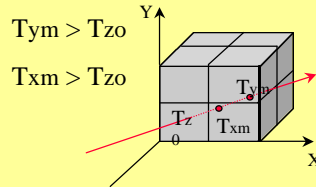
### Nœud 2



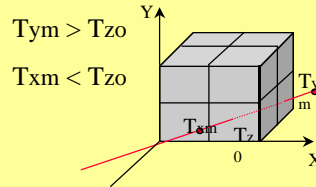
### Nœud 6



### Nœud 0

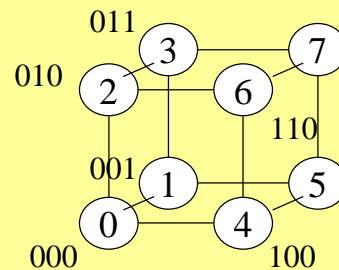


### Nœud 4



## Traversée de l'octree

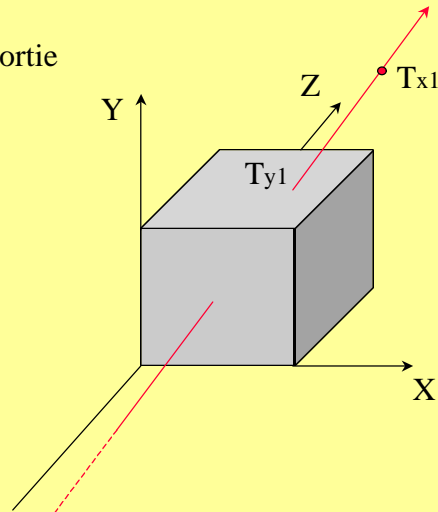
Plan	Condition	Bit affecté
XY	$T_{xm} < T_{z0}$	0
	$T_{ym} < T_{z0}$	1
XZ	$T_{xm} < T_{y0}$	0
	$T_{zm} < T_{y0}$	2
YZ	$T_{ym} < T_{x0}$	1
	$T_{zm} < T_{x0}$	2



## Traversée de l'octree

Détermination du plan de sortie

Minimum	Plan de sortie
$T_{x1}$	YZ
$T_{y1}$	XZ
$T_{z1}$	XY



DESS I2N

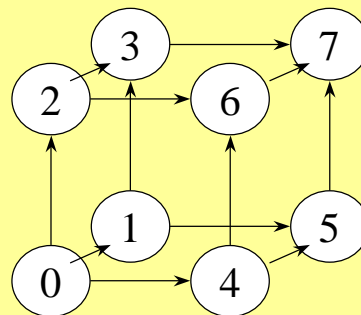
1999-2000

Lancer de rayons

## Traversée de l'octree

Déterminer le nœud suivant

Nœud Courant	Plan de sortie YZ	Plan de sortie XZ	Plan de sortie XY
0	4	2	1
1	5	3	End
2	6	End	3
3	7	End	End
4	End	6	5
5	End	7	End
6	End	End	7
7	End	End	End



DESS I2N

1999-2000

Lancer de rayons

## Généralisation pour tout rayon

---

si  $r_{dx} < 0$  alors  $r'_{dx} = -r_{dx}$   
 $r'_{ox} = -r_{ox}$

si  $r_{dy} < 0$  alors  $r'_{dy} = -r_{dy}$   
 $r'_{oy} = -r_{oy}$

si  $r_{dz} < 0$  alors  $r'_{dz} = -r_{dz}$   
 $r'_{oz} = -r_{oz}$

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

## Généralisation pour tout rayon

---

Problème de numérotation des nœuds

numérotation si  $r_{dx} < 0$ : 4,5,6,7,0,1,2,3

numérotation si  $r_{dy} < 0$ : 2,3,0,1,6,7,4,5

numérotation si  $r_{dz} < 0$ : 1,0,3,2,5,4,7,6

Pour déterminer le nouveau numéro:

$f(i) = i \text{ XOR } a$

avec  $a = 4.Sx + 2.Sy + Sz$

$Se = 1$  si  $de > 0$

$Se = 0$  si  $de < 0$

DESS I2N - 1999-2000 - Lancer de rayons

## *Octree*

### Avantages :

- Meilleure adaptation de la subdivision à la scène.
- Détermination efficace de la suite de voxels.

### Inconvénient :

- Efficacité inversement proportionnelle à la profondeur.
- Temps d'initialisation.

## *Matériel spécialisé*

### De nombreuses machines parallèles

- Pixel Plane
- Clusters
- Paragon
- Hyper-cube et Hyper-tore

### Très peu de circuits spécifiques (1?)

- Circuit AR250 de Art Technologies

## *Circuits spécifiques*

### AR250 Ray Tracing Chip

© 1997 Advanced Rendering Technology Ltd

- Développé à partir de 1992
- Spécifications obscures
- Utilise l'API RenderMan de Pixar

### RenderDrive

© 1997 Advanced Rendering Technology Ltd

- Machine dédiée au lancé de rayons
- de 4 à 2048 AR250
- Pouvant être pilotée à partir de 3DSMax R2

DESS I2N

- 1999-2000

- Lancer de rayons

## *Processeur spécifique*

### AR250

© 1997 Advanced Rendering Technology Ltd

- Processeur superscalaire dédié au lancer de rayons
- 80 000 000 de tests d'intersection par seconde (40 fois un Pentium II d'après le constructeur)
- Gestion matérielle des intersections et de l'ombrage
- A suivre ...

DESS I2N

- 1999-2000

- Lancer de rayons



## *La machine RenderDrive*

### Possibilités

- Programmable par RenderMan
- Gestion automatique des ombres portées, des réflexions et réfractions
- Sources de lumière : ponctuelles, directionnelles, spots, surfaciques.
- Mapping : texture, bump, environnement
- Géométrie : polygones, quadriques, NURBS

DESS I2N

- 1999-2000

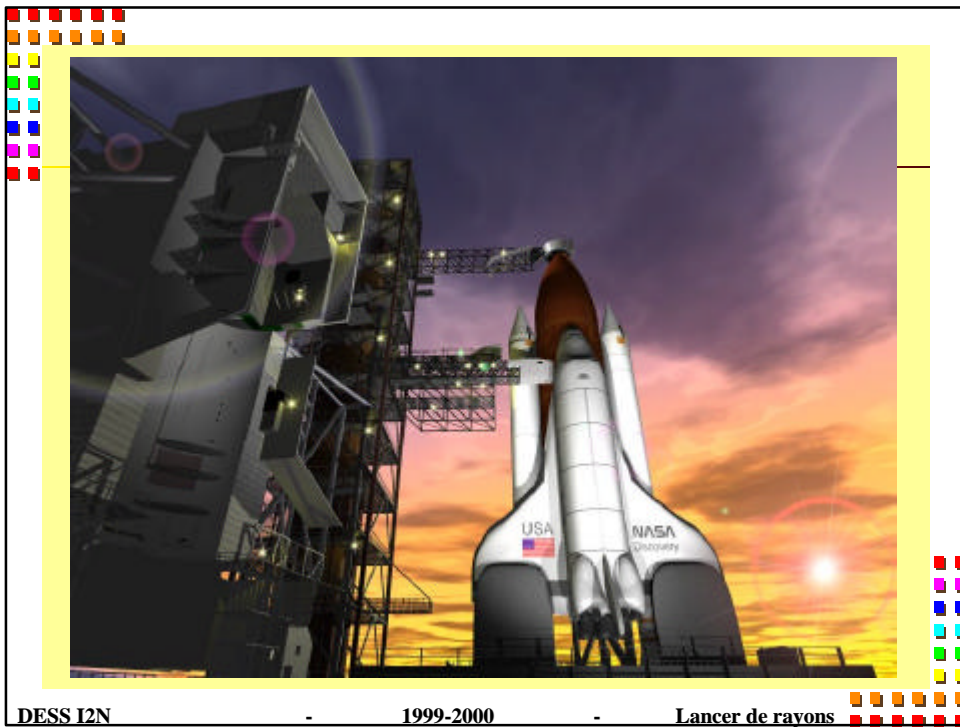
- Lancer de rayons

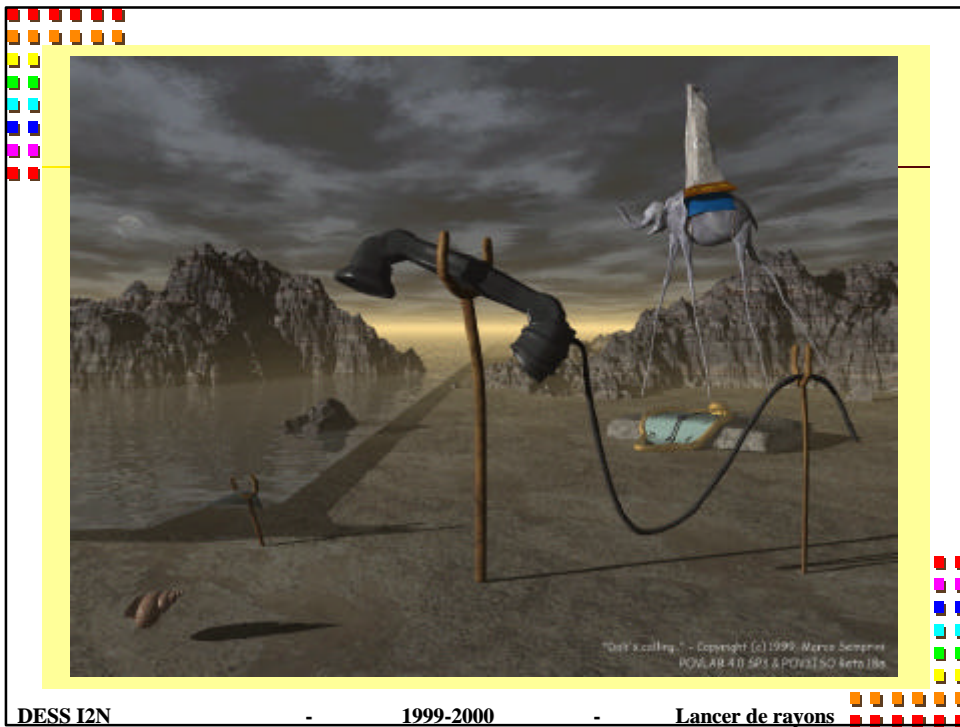


DESS I2N

- 1999-2000

- Lancer de rayons









DESS I2N

-

1999-2000

-

Lancer de rayons